JAHRGANG 67. 1917. HEFT 4 BIS 6.

Das Allgemeine Krankenhaus St. Georg in Hamburg.

Vom Baurat Dr.-Ing. Ruppel.

(Mit Abbildungen auf Blatt 14 bis 19 im Atlas.)

Baugeschichtliches.

Das 1821 bis 1823 erbaute und in den folgenden Jahrzehnten wiederholt erweiterte Krankenhaus St. Georg in Hamburg war hier bis zum Jahre 1888 die einzige öffentliche Krankenanstalt. Nachdem zu dieser Zeit das seit 1883 neu erbaute Allgemeine Krankenhaus Eppendorf eröffnet worden war, sollte das mit vielen Mängeln behaftete „Alte Allgemeine Krankenhaus St. Georg" nur noch zur Aufnahme von Siechen sowie von Haut- und Geschlechtskranken dienen. Seine sehr günstige Lage in nächster Nähe des Stadtkerns gab jedoch Veranlassung, hier eine Abteilung für solche Kranke einzurichten, deren Beförderung nach dem entfernteren Eppendorfer Krankenhaus nicht ohne Schaden für diese bewirkt werden konnte. Ferner zeigten die Erfahrungen des Cholerajahres 1892 und der folgenden Jahre, daß das Eppendorfer Krankenhaus für die Unterbringung der Kranken, namentlich in Seuchenzeiten, bei weitem nicht genügte, vielmehr das Krankenhaus St. Georg immer mehr zur Aufnahme von Behandlungskranken herangezogen werden mußte. Diese Umstände führten 1894 zu dem Senats- und Bürgerschaftsbeschluß, wonach das St. Georger Krankenhaus dem Eppendorfer bezüglich der Aufnahme von Behandlungskranken im wesentlichen gleichgestellt wurde; sie erforderten aber auch dringend die Schaffung besserer gesundheitstechnischer Verhältnisse in St. Georg, um so mehr als die Mängel der Anstalt durch die neueren Einrichtungen des Eppendorfer Krankenhauses in ein grelles Licht gerückt wurden.

Allerdings erschien es anfänglich zweifelhaft, ob man durch einen nicht zu kostspieligen Umbau, mit dem auch eine gewisse Erweiterung verbunden werden sollte, völlig befriedigende Verhältnisse würde schaffen können, oder ob man nicht lieber einem Neubau an anderer Stelle den Vorzug geben solle. Man entschied sich für die Beibehaltung des St. Georger Krankenhauses hauptsächlich sowohl wegen seiner Lage, die es für Kranke und Besucher aus der inneren Stadt leicht erreichbar machte, als auch wegen der Nähe der Außenalster, die eine vorzügliche Luft sicherte.

Im Frühjahr 1897 wurde die Hochbauverwaltung mit der Bearbeitung des Entwurfes für eine auf ein notwendigstes Maß zu beschränkende Neugestaltung beauftragt, der von dem Verfasser aufgestellt und im Dezember 1897 von Senat und Bürgerschaft genehmigt wurde. Er umfaßte gemäß der Abb. 3 Bl. 14, Lageplan von 1897, die auch die damals vorhandene Gestaltung des Krankenhauses erkennen läßt, den Umbau der Krankengebäude an der Lohmühlenstraße unter Beseitigung der diese Gebäude zu einem einheitlichen Bau verbindenden Zwischenbauten, ferner den Neubau von sieben Krankenpavillons und eines Direktorwohnhauses, desgleichen die Vergrößerung des Küchengebäudes und des Waschhauses sowie verschiedene Verbesserungen in einigen anderen Altbauten usw.

Nachdem die Neubauten dieses Erweiterungsplanes 1898 bis 1900 hergestellt und die Umbauarbeiten, zuerst des westlichsten Blocks des Hauptbaues, im Jahre 1900 in Angriff genommen waren, beschloß man, da sich die Kosten der Umbauarbeiten erheblich höher stellten, als anfänglich zu schätzen war, den ersten Erweiterungsplan abzuändern und eine Anzahl älterer Gebäude, namentlich die langen inneren Hofflügel der im übrigen beizubehaltenden Hauptgebäude, die Anatomie, die Kochküche mit dem Kesselhaus, verschiedene alte Baracken, das Desinfektionsgebäude usw. ganz zu beseitigen und an deren Stelle sieben neue Krankenpavillons, ein Operationshaus, ein Badehaus, ein pathologisches Institut, ein neues Kochküchengebäude, ein Desinfektionsgebäude usw. zu erbauen.

In diesem zweiten Um- und Erweiterungsplan, der im September 1902 genehmigt wurde, war auch eingeschlossen die Erbauung eines kleinen Beamtenwohnhauses, desgleichen der Umbau eines älteren Krankengebäudes (sog. Pockenhaus) zu einem Schwesternhaus, sowie verschiedene Umbauarbeiten im Verwaltungsgebäude und Waschküchengebäude und vor allem die Herstellung eines Hauptkesselhauses und einer Fernheizanlage für alle noch zu errichtenden Neubauten und umzubauenden Altbauten, die späterhin allmählich auch auf die bereits fertiggestellten Neu- und Umbauten ausgedehnt werden sollte.

Inzwischen war 1901 aus besonderer Veranlassung auf dem westlichen Teil des Krankenhausgrundstücks an der Barcastraße ein Gebäude für Heilgymnastik erbaut worden das vom Staat zwar einem privaten Betrieb vermietet, aber gleichzeitig der Krankenhausverwaltung zu regelmäßiger, teilweiser Mitbenutzung überwiesen wurde.

Die Ausführung des zweiten Neugestaltungsplanes, der mit Rücksicht auf eine möglichst ungestörte Aufrechterhaltung des Krankenhausbetriebs nur schrittweise erfolgen konnte, begann 1903 mit dem Neubau des Kesselhauses an Stelle der alten Anatomie; es folgte dann hintereinander der Neubau des Pathologischen Instituts, des Badehauses, des Operationshauses, des Kochküchengebäudes, sowie der Umbau des Waschküchengebäudes und des Schwesternhauses, welche Bauarbeiten bis gegen Ende 1905 vollendet wurden, während gleichzeitig bis dahin auch, abgesehen von mancherlei Nebenanlagen, der Fernheizkanal in der für diese Bauten erforderlichen Ausdehnung, desgleichen das neue Desinfektionsgebäude und das kleine Beamtenhaus fertiggestellt worden waren. Ebenso konnten von den Krankenpavillons drei auf

der westlichen Hälfte des Grundstücks bereits im Frühjahr 1904 in Angriff genommen und innerhalb Jahresfrist fertiggestellt werden, während die übrigen vier auf der östlichen Hälfte 1905 bis 1906 zur Ausführung kamen.

Als dann 1906 der weitere Umbau der alten Baublöcke an der Lohmühlenstraße und zwar zunächst des östlichsten in Angriff genommen war, trat auch hier wiederum infolge der hohen Kosten die Unzweckmäßigkeit eines Umbaues zutage, so daß es rätlich erschien, zwar das alte Verwaltungsgebäude beizubehalten und durch Umbau zu verbessern, jedoch die östlich und westlich daneben gelegenen beiden alten Baublöcke durch Neubauten zu ersetzen. Diese Neubauten, für welche die Mittel im Dezember 1907 ebenfalls bewilligt wurden, kamen hintereinander in den Jahren 1908 bis 1910 und 1910 bis 1912 mit allen restlichen Nebenanlagen zur Ausführung, womit die eigentliche Neugestaltung des Krankenhauses St. Georg ihren Abschluß fand.

Inzwischen hatte sich jedoch das Bedürfnis nach vermehrten und geeigneteren Wohnungen für das Schwestern-, Dienst- und Beamtenpersonal, nach größeren und besseren Werkstätten, nach einer Erweiterung des Pathologischen Instituts und des Operationshauses, sowie nach einem besonderen Bau für das in starker Entwicklung begriffene Röntgeninstitut und nach einem besonderen Tierhaus fühlbar gemacht. Für alle diese Ergänzungsbauten wurden die Mittel im Frühjahr 1912 bereitgestellt. Auch hier erfolgte die Bauausführung schrittweise bis zum Herbst 1915. Der damit abgeschlossene Um- und Erweiterungsbau hat nach einer ununterbrochenen 17jährigen Bautätigkeit das alte Krankenhaus St. Georg zu einer fast vollständig neuen, den Anforderungen der Hygiene auch in den bestehen gebliebenen wenigen Altbauten völlig entsprechenden Anstalt umgewandelt. Wie gründlich diese Umwandlung sich vollzogen hat, zeigt im allgemeinen der neue Lageplan nach Abb. 2 Bl. 14, bei dem noch zu berücksichtigen ist, daß auch die Höhenverhältnisse des Geländes durch Schaffung möglichst wagerechter Flächen und Aufhöhung oder teilweise Beseitigung eines das Grundstück durchziehenden alten, tiefen Wallgrabens eine erhebliche Änderung erfahren haben.

In neuester Zeit ist noch eine Erweiterung der verhälthältnismäßig kleinen Infektionsabteilung in Aussicht genommen worden, eine Erweiterung, die sich schon längst als notwendig erwies und der man vorläufig dadurch Rechnung getragen hat, daß im Dezember 1916 zunächst die Mittel zur Errichtung eines Gebäudes in Holzfachwerk für Infektionskranke (in erster Linie für Diphtheriekranke) bewilligt wurden. Dieses mehr als Notbau zu betrachtende Gebäude wird im Laufe des Jahres 1917 zur Ausführung kommen. Mit Einschluß desselben bieten die Krankengebäude der Anstalt Raum zur Aufstellung von insgesamt etwa 1620 Krankenbetten.

Das Krankenhausgrundstück.

Das im Stadtteil St. Georg gelegene Grundstück des Krankenhauses wird von vier Straßenzügen, der Lohmühlenstraße, Barcastraße, Sechslingspforte und dem Lübeckertordamm begrenzt. Gegen letzteren ist es durch eine geschlossene Mauer von etwa 2 m Höhe, gegen alle übrigen Straßen durch eiserne Gitter, z. T. auf einem Mauersockel stehend, abgeschlossen. Der Flächeninhalt beträgt 10,125 ha. Der Hauptzugang zum Krankenhaus führt durch das Verwaltungsgebäude an der Lohmühlenstraße, an der sich noch einige Nebeneingänge und Einfahrten sowie der Zugang zum Direktorwohnhaus befinden, während außerdem an der Sechslingspforte eine mit einem kleinen Pförtnerhäuschen versehene Tor-Ein- und Ausfahrt für den Wirtschaftsbetrieb und die Leichenabfuhr vorhanden ist.

Auf dem rückwärtigen Teil des Grundstücks an der Sechslingspforte entlang zog sich früher ein Festungsgraben hin, der allmählich zugeschüttet und zum Teil bebaut worden ist. Er bildet auch nach seiner Zuschüttung und Einebnung noch den tiefer gelegenen Teil des Grundstücks. Der Umstand, daß hier die aus Abb. 3 Bl. 14 ersichtliche Linie eines längere Zeit geplanten Alster-Bille-Kanals verlief, die frei zu halten war, hat für die Bebauung des Grundstücks bei den beiden ersten Um- und Erweiterungsplänen Beschränkungen mit sich geführt, die später fortfielen, als der Kanal endgültig aufgegeben wurde.

Der Untergrund des Geländes besteht in den oberen Schichten im wesentlichen aus stark lehmhaltigem Boden, der allmählich in Sand und Kies übergeht und daher einen guten Baugrund bildet, soweit er nicht, wie in dem alten Festungsgraben, aufgeschüttet ist. Das Grundwasser liegt überall noch erheblich unter der Sohle der Kellerräume.

Für die Luftverhältnisse des Grundstücks ist von besonderem Wert, daß ihm durch das benachbarte, etwa 175 ha große Wasserbecken der Außenalster von Westen her ein freier Zustrom von guter, frischer Luft gesichert und daß außerdem eine günstige Bebauungsgrenze für die Umgebung rings um das Krankenhaus gesetzlich festgelegt ist.

Bauplanung und Gesamtanordnung der Anstalt.

Während die alte Anstalt als einheitlicher Flur-Blockbau erbaut war, dem im Laufe der Zeiten eine Anzahl von Einzelbauten hinzugefügt wurde, hat bei der Neugestaltung eine Trennung der Verwaltungs-, der wirtschaftlichen und der dem eigentlichen Krankendienst dienenden Räume und eine Zerstreuung derselben in einer größeren Zahl selbständiger Gebäude stattgefunden, wobei auch die wenigen erhalten gebliebenen Teile des alten Hauptgebäudes an der Lohmühlenstraße, nämlich das mittlere Verwaltungsgebäude und die beiden äußersten Blöcke, von den benachbarten Neubauten abgetrennt und zu selbständigen Gebäuden umgewandelt wurden. Wurde somit an Stelle des einheitlichen Flur-Blockbaues eine offene Bauweise und für fast alle eigentlichen Krankengebäude die Pavillonbauart gesetzt, so ist doch bei einzelnen Krankengebäuden (vier Blöcke an der Lohmühlenstraße und Kostgängerhaus) die Raumanordnung an Flurgängen erfolgt, was auch den Zwecken derselben entsprach.

Für die aus Abb. 2 Bl. 14 hervorgehende endgültige Gesamtanordnung der Anstalt, die sich nur allmählich entwickeln konnte und in ihrem Entstehen an Bedingungen geknüpft war, die sich nach der oben dargelegten Baugeschichte mehrfach wandelten, ist stets im Auge behalten worden, daß die einzelnen Teile des Krankenhauses, soweit es die gegebenen Verhältnisse irgend gestatteten, sich zu einem einheitlichen,



Abb. 1. Krankenblöcke an der Lohmühlenstraße. Ansicht von der Hauptstraße der Anstalt.

übersichtlichen und zweckmäßigen Gesamtbetrieb zusammenschlossen.

Für die Verwaltung wurde das günstig in der Hauptachse des Krankenhauses gelegene alte Verwaltungsgebäude beibehalten. Die Wirtschaftsgebäude (Koch- und Waschküchengebäude und das Kesselhaus) erhielten ihren Platz in der Mitte der Anstalt, wobei die Beibehaltung des alten, nur umzubauenden Waschküchengebäudes mitbestimmend war. Ebenso wurden das Operationshaus, das Badehaus und das Pathologische Institut in der Anstaltsmitte angeordnet, wo sie als gemeinsam dienende Gebäude von den Kranken und dem Krankenhauspersonal in gleichmäßig leichter und bequemer Weise erreichbar sind. Beiderseits dieser letztgenannten Gebäudegruppe, östlich und westlich davon, liegen die Krankengebäude in einer vorderen Reihe von Blockgebäuden an der Lohmühlenstraße und in einer dahinter angeordneten, parallelen Reihe von Pavillonbauten. An diese symmetrisch gestaltete Gruppe von Krankengebäuden, von der die linke Hälfte für Frauen, die rechte für Männer bestimmt ist, schließt sich nordöstlich noch eine Gruppe von Pavillonbauten an, die aus dem ersten Neugestaltungs- und Erweiterungsplan der Anstalt hervorgegangen ist. Die drei östlichsten, kleineren Pavillons dieser Gruppe sind für Infektionskranke, ein anderer für Kostgänger, die übrigen ebenso wie alle sonstigen genannten Krankengebäude für allgemeine Kranke bestimmt.

Auf dem westlichen Teil des Grundstücks an der Barcastraße haben das Wohnhaus des ärztlichen Direktors und das Medicomechanische Institut Platz gefunden, welches letztere für die Besucher dieses Instituts hier am gün-



Abb. 2. Pavillon-Neubauten. Ansicht von der Hauptstraße der Anstalt.

stigsten zugänglich, zugleich aber auch für die Kranken der Anstalt erreichbar war, ohne mit jenen Besuchern in Berührung zu kommen.

Für die Röntgenographie ist ein besonderes Gebäude im mittleren Teil der Anstalt errichtet.

Der rückwärtige Teil des Grundstücks nimmt folgende Gebäude auf: das Kesselhaus in der Hauptachse der Anstalt, daneben das Desinfektionsgebäude für verseuchte Gebrauchsgegenstände und für verseuchte Sielwässer, ferner einen Baublock, in dem das Schwesternhaus und ein Werkstättengebäude verbunden ist, und der mit einem einstweiligen Personal-Wohnhaus, einem kleinen Tierstall nebst daran anschließenden Schuppengebäude einen größeren Wirtschaftshof begrenzt, schließlich ein größeres und ein kleineres Wohngebäude für Pflegerinnen und für Beamte, ein Treibhaus und ein Pförtnerhäuschen.

Bei dieser Gesamtanordnung der Bauten ist eine gute Trennung des Verwaltungs-, des Wirtschafts- und des eigentlichen Krankenbetriebs, zugleich aber auch eine bequeme Verbindung zwischen diesen Betrieben und eine leichte Übersichtlichkeit über diese erreicht worden. Den Kranken ist überall in der Umgebung ihrer Gebäude Gelegenheit gegeben, sich in den mit Blumenbeeten und schattenspendenden Busch- und Baumgruppen versehenen Gartenanlagen zu ergehen, in ihren Betten im Freien zu liegen oder auf Gartenbänken auszuruhen und die frische Luft zu genießen, ohne daß sie durch den Betrieb auf den Fahrstraßen und den Hauptverkehrswegen der Anstalt gestört und belästigt werden.

Für den Wirtschaftsbetrieb ist die Mittellage der Küchengebäude, die namentlich eine schnelle und leichte Speisenbeförderung nach allen Krankengebäuden ermöglicht, sehr günstig, während sich im übrigen dieser Betrieb hauptsächlich auf dem rückwärtigen Geländeteil abgesondert und in bequemer Weise abspielt. Hier sind auch, abgesehen von der z. Zt. noch in Ausführung begriffenen Infektionsbaracke, auf den tiefer liegenden Flächen des alten Wallgrabens für das Schwesternhaus, das Pflegerinnenhaus, das Beamtenhaus, sowie namentlich für die Wohnung des ökonomischen Direktors Zier- und Nutzgärten, außerdem noch für die in der Krankenanstalt wohnenden unverheirateten Ärzte ein kleiner Blumengarten mit einem Gartenpavillon angelegt.

Die Anordnung und Stellung der neuen Gebäude und Gebäudegruppen im einzelnen war natürlich wesentlich bedingt durch die alten Bauten. Die Längsachsen der Pavillon-Neubauten und damit auch aller übrigen Neubauten erhielten danach entweder eine parallele oder eine rechtwinklige Richtung zu den Altbauten an der Lohmühlenstraße, wodurch übrigens erreicht wurde, daß drei Frontseiten der

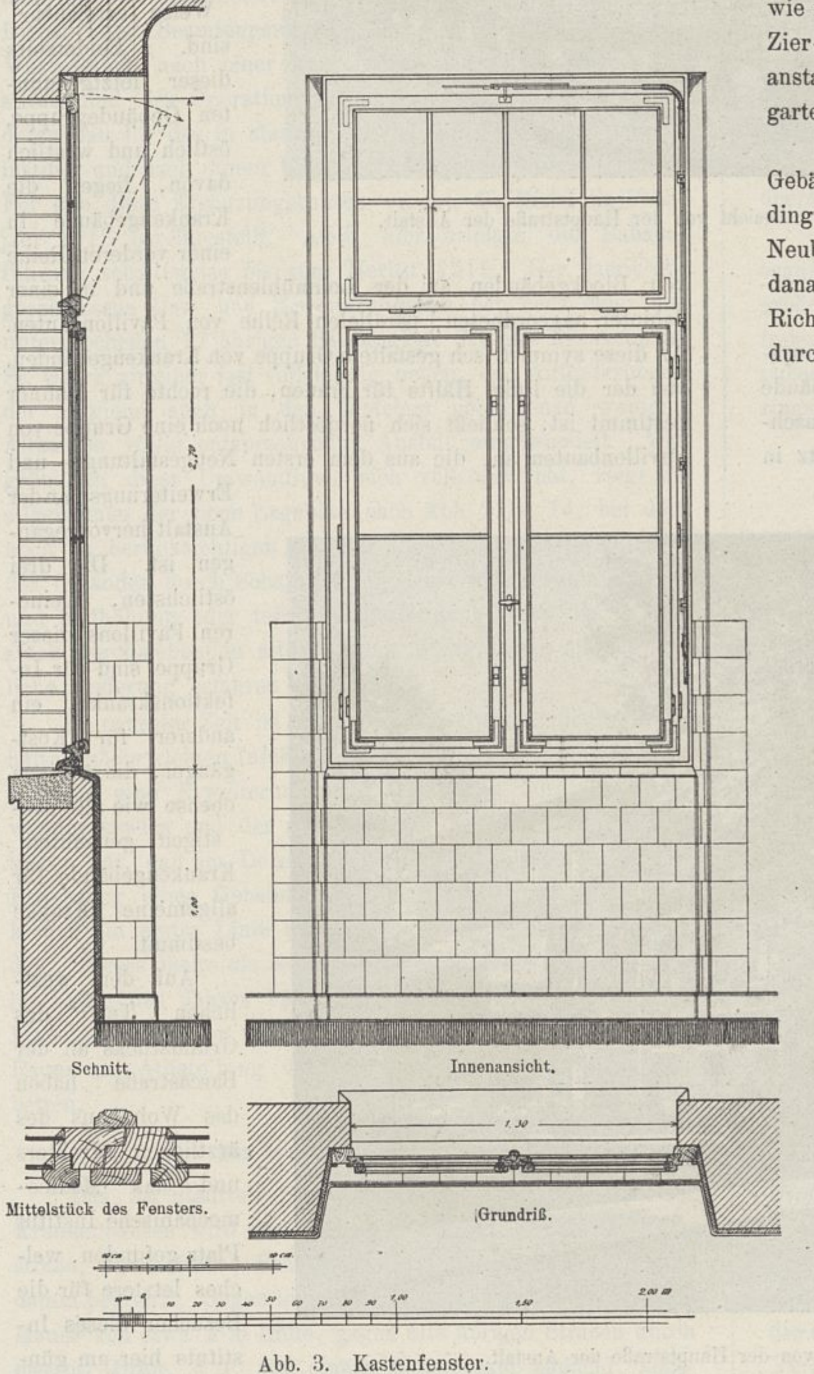


Abb. 3. Kastenfenster.

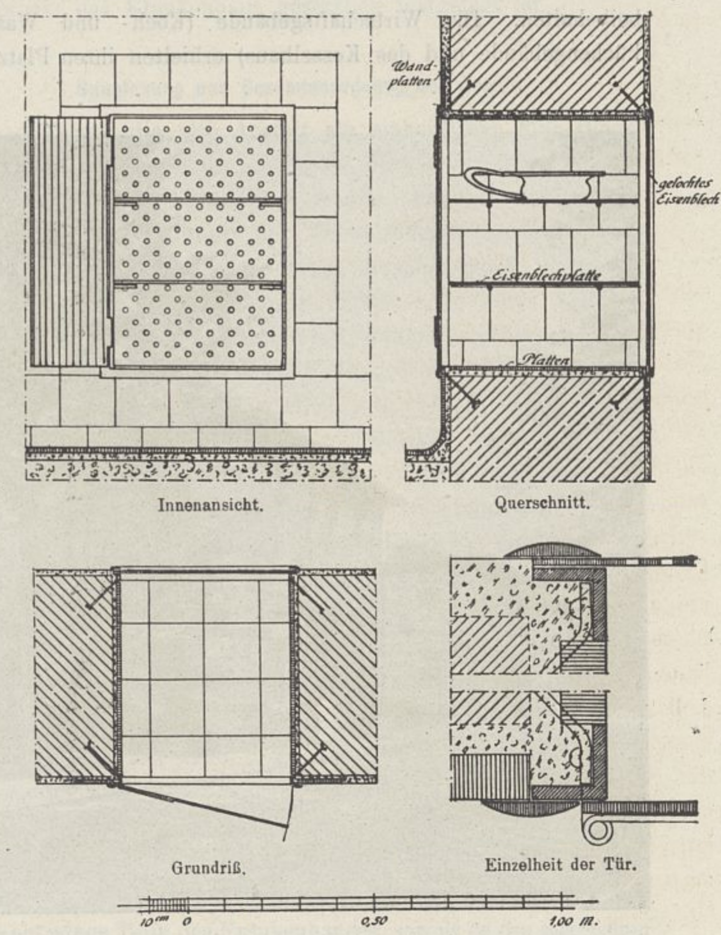


Abb. 4. Stechbeckennische in den Krankenpavillons.



Abb. 5. Türen der Krankenräume.

Gebäude (nach Südost, Südwest und Nordwest) dem Sonnenlicht zugänglich gemacht wurden, eine Stellung, die vor allem für die an zwei gegenüberliegenden Frontseiten (Südost und Nordwest) beleuchteten Krankensäle der Pavillons recht günstig ist.

Der Abstand dieser Krankenpavillons voneinander beträgt etwa 20 bis 22 m, d. h. etwa das $2^1/_2$fache der Gebäudehöhe, so daß eine gegenseitige Beschattung nicht stattfindet.

Allgemeine Bauart und Durchbildung der Gebäude.

Bei allen Gebäuden des Krankenhauses ist durchweg eine den Grundsätzen der Gesundheitslehre am meisten entsprechende massive Bauweise — vor allem der Wände und Decken — durchgeführt worden mit Ausnahme des einstweiligen Beamtenwohnhauses, das ursprünglich als Notbaracke zur Unterbringung von Haut- und Geschlechtskranken in Fachwerk mit äußerer und innerer Verkleidung mittels Bimszementdielen erbaut wurde. Auch die noch nicht vollendete Infektionsbaracke hat nur einen massiven Unterbau, in den Obergeschossen dagegen überall ausgemauerte Fachwerkwände, die an den Außenfronten zum Schutz gegen Witterungseinflüsse noch eine Gipsdielenverkleidung der Innenseite erhalten haben. Die Zahl der Geschosse, abgesehen von dem Kellergeschoß, ist bei fast allen für den eigentlichen Krankendienst bestimmten Gebäuden auf zwei beschränkt, während die übrigen Gebäude drei Geschosse und zum Teil ein ausgebautes Dachgeschoß erhalten haben. Die Dächer der letzteren Gebäude sind teils als Schiefer-, teils als Ziegeldächer ausgebildet, diejenigen aller Krankenpavillons, des Operationshauses, des Badehauses und der Anatomie haben eine Deckung mit Holzzement auf hölzernem Dachgebälk oder auf massiven Wölbungen erhalten und bilden gleichzeitig die Decke des obersten Geschosses. Die Kellerräume sind bei den Krankenpavillons auf einen Teil der Gebäudefläche beschränkt und so tief gelegt worden, daß der Erdgeschoßfußboden nur etwa 0,30 bis 0,40 m über Gelände liegt. Durch leicht ansteigende Rampen vor den Haupteingängen der Krankenpavillons, des Operations- und Badehauses wurden hier alle Treppenstufen und vorstehenden Schwellen vermieden, um die Kranken mittels der Räderbahre in die Gebäude fahren zu können. Bei den vollständig unterkellerten Krankenblöcken an der Lohmühlenstraße, deren Erdgeschoßfußboden bei den Altbauten etwa 1 m über Gelände lag und in dieser Höhe auch beibehalten werden mußte, ergaben sich für einige Eingänge längere und etwas stärker ansteigende Fahrrampen.

Die Außenfronten der Gebäude zeigen zwei verschiedene Ausbildungsarten. Alle Neubauten sind in Ziegelrohbau hergestellt und in den Außenflächen mit lederfarbenen Steinen verblendet (Text-Abb. 2), während die neu erbauten Krankenblöcke an der Lohmühlenstraße verputzt wurden, um sie mit den alten Baublöcken daselbst, die zur Verbesserung des äußeren Aussehens ihrer ursprünglichen, verwitterten Ziegelverblendung überputzt werden mußten, übereinstimmend zu gestalten (Text-Abb. 1).

Bei dem inneren Ausbau der Gebäude, namentlich aller für den eigentlichen Krankendienst bestimmten, wurden den krankenhaustechnischen Grundsätzen entsprechend die Wände und Decken möglichst glatt ohne vorspringende Teile hergestellt und die Ecken aus- oder abgerundet. In weitgehender Weise haben die Wände überall da, wo sie einer starken Verunreinigung oder Beschädigung ausgesetzt sind, eine Verkleidung mit Wandkacheln erhalten, und zwar in Aborten, Waschräumen, Teeküchen, Bädern usw. in einer Höhe von etwa 1,60 m, in Laboratorien, Operationsräumen u. dgl. in ganzer Höhe, vielfach aber nur stellenweise, hinter Waschtischen, Ausgußbecken, Heizkörpern, an Fenster- und Türgewänden usw.

Um Staubablagerungen und für eine Reinhaltung schwer zugängliche Stellen möglichst zu vermeiden, zugleich auch, um das Aussehen der Räume nicht zu verunstalten, sind die zahlreichen Rohre der Heizung, Warm- und Kaltwasserleitungen usw. fast überall verdeckt in Wandschlitze gelegt worden, die mit abschraubbaren Eisenblechplatten in Winkeleisenrahmen abgeschlossen sind.

Auf die Dichtheit und Dauerhaftigkeit der Fußböden wurde besonderes Gewicht gelegt. Als Beläge wurden gewählt je nach der Zweckbestimmung der Räume: gebrannte Steinplatten Mettlacher Art hauptsächlich für stark zu spülende Räume, Operationsräume, Laboratorien, Badezimmer, Teeküchen, Aborte, Waschräume, Geräte- und Wäscheräume, auch für größere Krankensäle, für Flurgänge, Eingänge usw.; Linoleum hauptsächlich für alle Kranken- und Personalwohnräume, für Tageräume, zum Teil auch für Flure, Sammlungsräume usw.; Terrazzo fast nur für Flure und Arbeits- oder sonstige Räume in Kellern; Steinholzestrich für vereinzelte Räume, wie Tobzellen, Vorratsräume usw.; Holz (Eichen-, Ahorn-, Pitschpine-Riemen in Asphalt verlegt) nur in einzelnen Krankenräumen, namentlich für Kostgänger, auf Treppenabsätzen im Anschluß an den Holzbelag der Treppenstufen usw.

Die Treppen sind fast überall vom Erdgeschoß aufwärts aus Eisen hergestellt und mit Trittstufen aus Eichenholz versehen.

Die ohne Profilierungen hergestellten Türen haben überall dort, wo es besonders darauf ankam, die beim Holz unvermeidlichen Fugen und Staubansammlungen zu vermeiden, eiserne Türzargen und Kachelbekleidung der Türgewände nach Text-Abb. 5 erhalten. Ihre Breite wurde, um eine bequeme Bettenbeförderung mittels Bettfahrer zu ermöglichen, bei allen hierfür in Frage kommenden Räumen auf etwa 1,25 m bemessen.

Die Fenster wurden überall, wo Zugluft vermieden und der Innenraum vor den Witterungseinflüssen möglichst geschützt werden sollte, als sogenannte Kastenfenster nach Text-Abb. 3 hergestellt, wobei die unteren Flügel je aus zwei kastenförmig miteinander durch Dornverschluß verbundenen Glasrahmen bestehen, die in bezug auf Abhaltung von Zugluft die Wirkung von Doppelfenstern haben, mit diesem Vorzug zugleich die leichtere Handhabung der einfachen Fenster verbinden. Der obere Teil ist sowohl bei den Kastenfenstern wie bei den einfachen Fenstern als einfacher Kippflügel hergestellt und bildet so in allen Räumen ein kräftiges Lüftungsmittel, zumal die Fenster überall möglichst hoch bis unter die Decke geführt sind, um die hier sich sammelnden schlechtesten Luftschichten nach außen hin möglichst vollständig abfließen zu lassen.

Um in den Räumen der Krankengebäude, zum Teil auch in Wohnräumen anderer Gebäude, auch dann, wenn von der Fensterlüftung kein Gebrauch gemacht werden kann, oder überhaupt jederzeit eine gewisse Lufterneuerung zu erzielen, ist im allgemeinen ein auf der natürlichen Ausgleichung der Wärmeunterschiede innerhalb und außerhalb der Gebäude und Räume beruhendes Lüftungsverfahren ausgeführt, wobei frische Luft mittels Luftkanälen von außen nach gemauerten Heizkammern im Kellergeschoß geleitet, dort in der kühleren Jahreszeit auf etwas über Zimmerwärme vorgewärmt und dann in glatt geputzten, senkrechten Wandkanälen den einzelnen Räumen zugeführt wird.

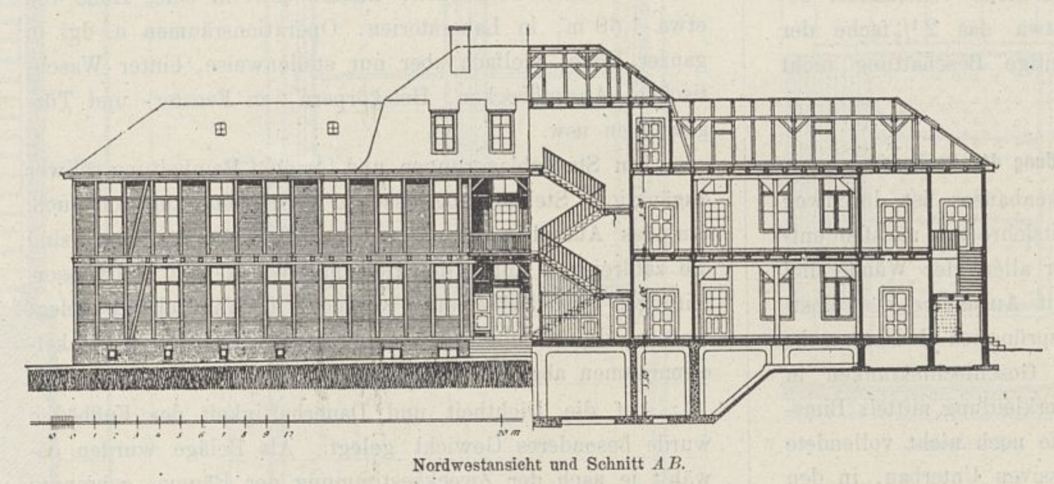
Zur Abführung der verbrauchten Zimmerluft dienen Abluftkanäle, die über Dach gehen und in den Räumen mit Luft-Abströmungsöffnungen versehen sind, die für die Winterlüftung in der Nähe des Fußbodens, für die Sommerlüftung unter der Decke angebracht sind. Von besonderen künstlichen Lüftungseinrichtungen mit elektrischen Saugern u. dergl. ist nur in einzelnen Räumen, besonders in den Küchenräumen und einigen Laboratorien Gebrauch gemacht. Auf eine besondere Lüftungsanlage im Operationshaus wird unten näher eingegangen werden.

Die Erwärmung der Gebäude erfolgt fast durchweg mittels Niederdruckdampfes, der in verschiedenen Kesselgruppen der Anstalt erzeugt wird. Die aus glatten Radiatoren oder Rohrschlangen bestehenden Heizkörper sind im allgemeinen in den Fensterbrüstungen oder an den Außenwänden angebracht. In dem Kellergeschoß der Gebäude sind überall Ventilkammern vorgesehen, in denen die vom Hauptkesselhaus ausgehenden Dampf- und Heißwasserröhren münden und nach den einzelnen Teilen oder Räumen der Gebäude verteilt werden. Diese Verteilungsrohre verzweigen sich unterhalb Erdgeschoßfußboden nach den Stellen hin, wo sie in Wandschlitzen nach den oberen Räumen aufsteigen. Soweit sie hierbei nicht durch Kellerräume hindurchgehen, sind sie in Hohlräumen unter Erdgeschoßfußboden frei zugänglich verlegt, wodurch auch eine gewisse Erwärmung dieser Fußböden stattfindet. — In allen Krankengebäuden, mit alleiniger Ausnahme der drei kleinen eingeschossigen Infektionspavillons, wird die schmutzige Wäsche aus den Obergeschossen durch Wäscheabwurfschächte in Monier-Ausführung nach Sammelräumen im Keller hinabgeworfen, wo sie gesondert und dann nach der Waschküche befördert wird.

Zur Aufbewahrung von Stuhlgängen in Stechbecken für Untersuchungszwecke sind in den Aborträumen vielfach verschließbare Wandnischen in den Außenwänden hergestellt, die nach außen nur durch Gitterbleche abgeschlossen und daher stets gut gelüftet sind (Text-Abb. 4).

Durch Herstellung von freien Terrassen, Balkons, offenen Loggien bei der Mehrzahl der Krankengebäude ist in einem gewissen Maß Gelegenheit zur Frischluftbehandlung der Kranken geschaffen worden.

Bei Bemessung der Bettenzahl in den Krankenräumen ist im allgemeinen ein Luftraum von etwa 30 cbm, zum Teil von etwa 25 cbm für das Bett in größeren Sälen zu-



Nordwestansicht und Schnitt *A B*.

Erdgeschoß.

Abb. 6. Infektionsbaracke (in Fachwerk).



Abb. 7. Ärztekasino im Verwaltungsgebäude.

grunde gelegt, welcher Einheitsluftraum aber in kleineren Krankenzimmern im umgekehrten Verhältnis zur Bettenzahl auf etwa 40 bis 60 cbm steigt. Bei einer lichten Geschoßhöhe von etwa 4,0 bis 4,10 m stellt sich hiernach die Einheitsnutzfläche für das Bett auf etwa 7,5 qm in größeren und auf etwa 10 bis 15 qm in kleineren Krankenräumen.

Beschreibung der Gebäude.

Das Verwaltungsgebäude.

In dem aus Keller-, Erd- und zwei Obergeschossen bestehenden Verwaltungsgebäude, das den Haupteingang zum Krankenhaus enthält, sind nach dem einschneidenden Umbau im Jahre 1905 im Erdgeschoß (Abb. 3 Bl. 15) hauptsächlich Verwaltungsräume, die Aufnahme und die Apotheke untergebracht, im ersten Stock die Wohnung für den Verwaltungsdirektor, ferner das Ärztekasino und ein größerer Kirchenraum, im zweiten Stock ebenfalls noch Wohnräume des Verwaltungsdirektors und Wohnungen für Assistenz- und Volontärärzte.

Der mit guter Lichtzuführung ausgestattete Keller enthält Laboratorien und Vorratsräume der Apotheke, ein Sitzungszimmer für die Provisoren, einen Krankenschulraum usw.

Abgesehen von der Wohnung des Verwaltungsdirektors hat nur das in Text-Abb. 7 dargestellte Ärztekasino eine reichere architektonische Durchbildung erfahren.

Die Krankenblöcke an der Lohmühlenstraße.

Von den vier Krankenblöcken an der Lohmühlenstraße ist der westlichste 1900 durch einen gründlichen Umbau im Keller-, Erd- und Obergeschoß zur einwandfreien Unterbringung von etwa 190 allgemeinen Kranken geeignet gemacht worden. Er erhielt hierbei eine eigene Niederdruck-Dampfheizung und Warmwasserversorgung sowie gute Lüftungseinrichtungen.

Der östlichste Block wurde 1907 bis 1908 in seinem Unter-(Keller-)Geschoß und Erdgeschoß zum größten Teil für poliklinische Zwecke (Augen-, Ohren- und chirurgische Poliklinik), im übrigen Teil des Erdgeschosses und im Obergeschoß zur Aufnahme von etwa 140 allgemeinen Kranken umgebaut, wobei besonders auch die Zuführung von Licht und Luft zu allen Räumen verbessert und die alten Holzdecken durch massive Decken ersetzt wurden. Die Niederdruck-Dampfheizung erfolgt hier von dem Hauptkesselhaus aus.

Wenn auch bei beiden Blöcken die große Tiefe der alten Raumgestaltung für die Mehrzahl der neuen Kranken- und Nebenräume beibehalten werden mußte, so bildet doch die Anordnung der Räume nur an einer Seite eines breiten, an verschiedenen Stellen vorplatzartig erweiterten Flures wiederum einen hygienischen Vorzug, der die Gebäude bei der guten gesundheitlich-technischen Ausgestaltung auch den neuzeitlichen Anforderungen im allgemeinen entsprechend erscheinen läßt.

Abb. 8. Hörsaal im gynäkologischen Krankenblock.

Besser konnten allerdings die ärztlichen Forderungen bei den Neubauten der beiden Blöcke neben dem Verwaltungsgebäude erfüllt werden, von denen der östliche 1908 bis 1910 für etwa 210 haut- und geschlechtskranke Männer erbaut wurde. Die Grundrißgestaltung des Erdgeschosses geht aus Abb. 4 Bl. 15 hervor, sie ist auch in dem ersten und zweiten Stock im wesentlichen dieselbe. An einen mittleren Flur, der an seinen beiden Enden zu größeren Tageräumen verbreitert ist, schließen sich nach Süden hin die Krankenräume von verschiedener Größe, nach Norden eine Anzahl Nebenräume und in der Hauptachse das mit einem elektrischen Krankenfahrstuhl ausgestattete Haupttreppenhaus, das auch den Haupteingang enthält. Das Nebentreppenhaus ist hauptsächlich aus Gründen der Sicherheit bei Feuersgefahr vorgesehen. Vor den Tageräumen, die außer den Treppenhäusern dem Mittelflur eine ausreichende Lichtzuführung und Lüftung sichern, sind in allen Geschossen offene Loggien angeordnet.

Ein vollständig ausgebautes Mansardgeschoß enthält eine größere Sammlung von Wachsnachbildungen mit einigen Nebenräumen, ferner eine Anzahl Wohnzimmer für männliches Wärterpersonal und ein in das Dach eingebautes, nach Südwest offenes Sonnenbad. Im Kellergeschoß sind hauptsächlich untergebracht Verbandzeug-, Fabrik- und Vorratsräume, ein von außen zugänglicher Sammelraum für schmutzige Wäsche, ferner eine mit besonderem Zugang versehene und von den anderen Räumen des Hauses abgeschlossene Abteilung für tobsüchtige Kranke, außerdem Pförtnerzimmer, eine Fernsprechzentrale u. a.

Der westlich vom Verwaltungsgebäude gelegene Block, dessen allgemeine Grundrißform, wie die Abb. 7 und 8 Bl. 15 zeigen, die gleiche, und dessen Raumanordnung ähnlich ist wie bei dem östlichen, dient hauptsächlich zur Aufnahme gynäkologischer Kranken, die in einem Teil des Erdgeschosses (Infektionsabteilung) und im zweiten Obergeschoß untergebracht sind, während ferner das Erdgeschoß eine Abteilung für Ohrenkranke und einen großen, durch das erste Obergeschoß hindurchgehenden Hörsaal (Abb. 5 und 6 Bl. 15) mit einigen Nebenräumen, das erste Obergeschoß außerdem eine Entbindungs- und Operationsstation sowie eine Säuglingsstation enthält. Die Anzahl der in kleineren und größeren Krankenzimmern untergebrachten Betten beträgt etwa 150, darunter etwa 30 Säuglingsbetten. Die Bettenzahl in den Krankenzimmern schwankt zwischen 1 und 17; ihre Verteilung auf verschiedene Abteilungen erfor-

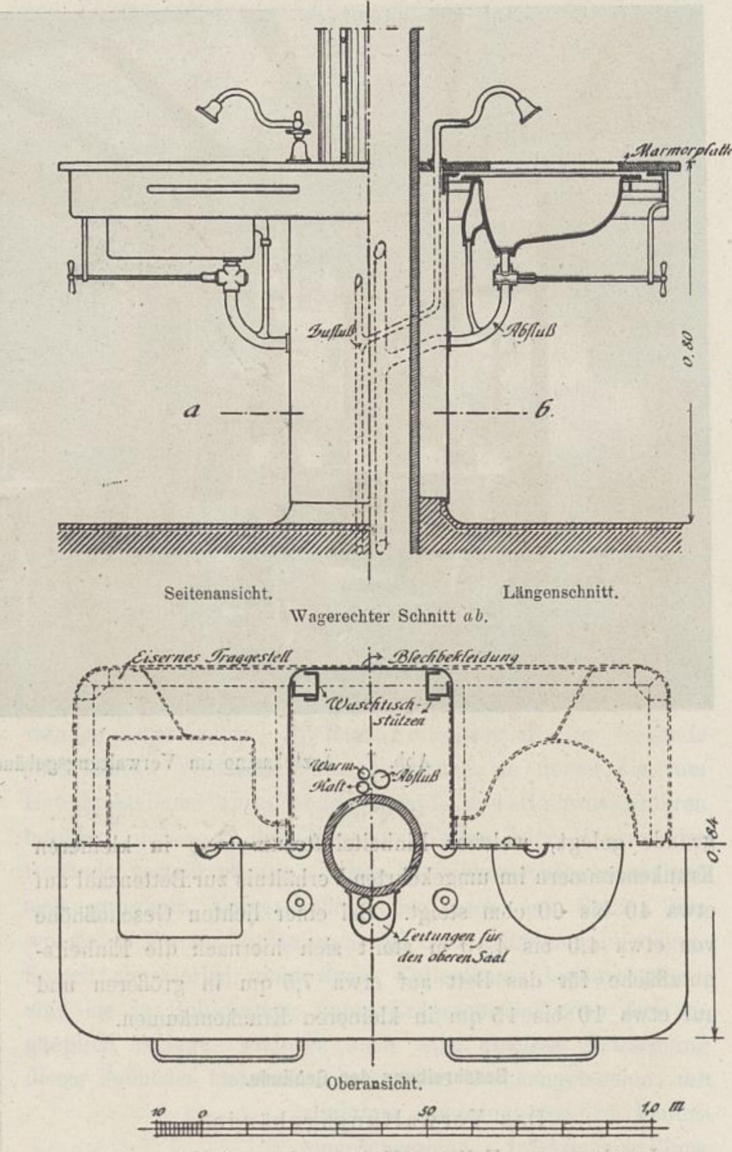


Abb. 9. Waschtisch an den Mittelsäulen der Pavillonsäle.

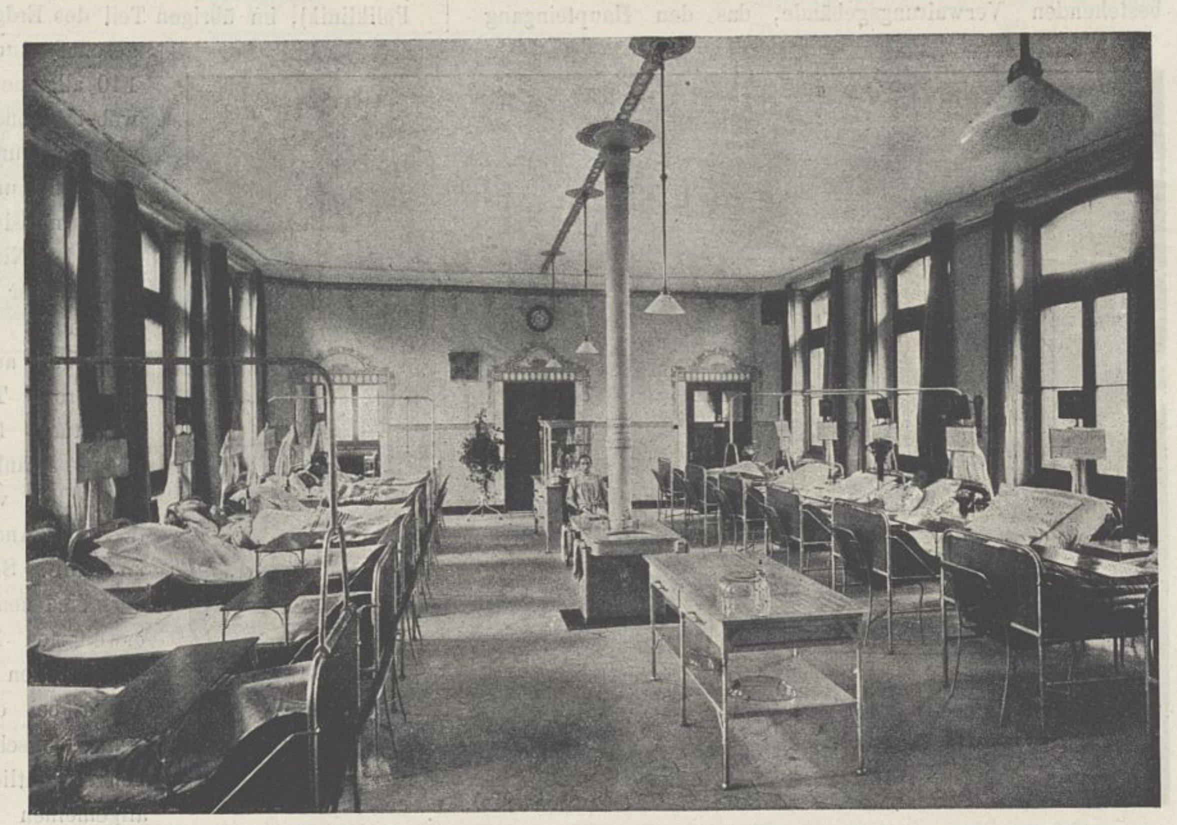


Abb. 10. Krankensaal im allgemeinen Krankenpavillon.

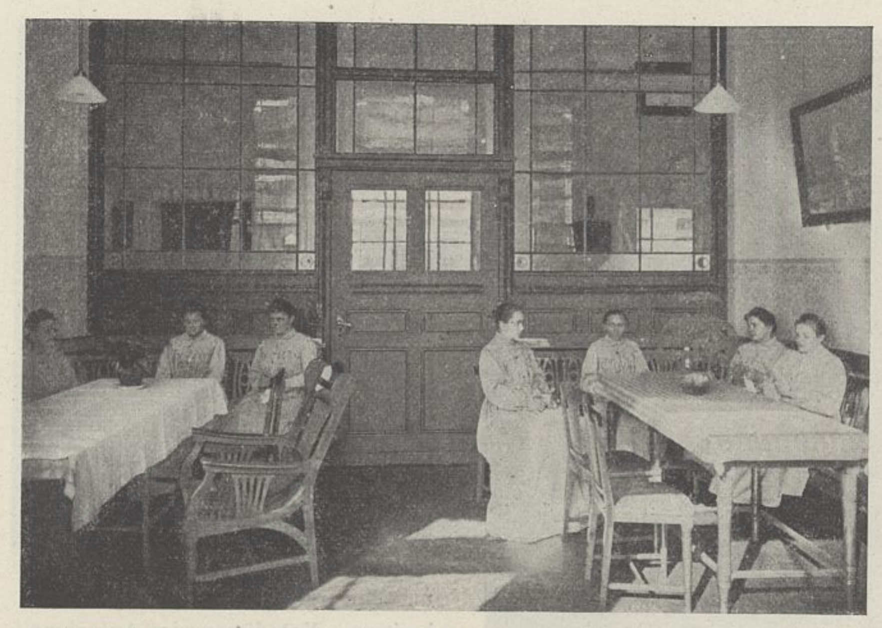


Abb. 11. Tageraum im allgemeinen Krankenpavillon.



Abb. 12. Teeküche im allgemeinen Krankenpavillon.



Abb. 13. Behandlungszimmer im allgemeinen Krankenpavillon.

derte eine verhältnismäßig große Zahl von Nebenräumen.

Der für allgemeine Vorlesungs- und Demonstrationszwecke dienende, in Text-Abb. 8 dargestellte Hörsaal hat besondere Zugänge und ist auch mittels einer Rampe für Kranke in Räderbahren zu erreichen. Er enthält etwa 90 aufklappbare Sitzplätze, die mit ebensolchen, als kleine Schreibplatten ausgebildeten Armlehnen versehen und, wie aus den Abb. 5 bis 8 Bl. 15 hervorgeht, im Halbrund stufenweise ansteigend angeordnet sind.

Das vollständig ausgebaute Mansardgeschoß nimmt eine größere Zahl von Wohnzimmern mit 1 bis 3 Betten für Schwestern und Pflegerinnen auf, während im Kellergeschoß eine Bettenfabrik, Kleiderspeicher, eine Milchküche mit Eiskühlraum, ein großer Archivraum usw. untergebracht sind.

Die Krankenpavillons.

Von den Krankenpavillons unterscheidet sich die 1898 bis 1899 erbaute Gruppe am Lübeckertordamm hinsichtlich ihrer Grundrißgestaltung wesentlich von der hauptsächlich 1904 bis 1905 erbauten Gruppe von acht Pavillons auf dem mittleren Geländeteil. Die erstgenannte Gruppe umfaßt zwei gleichgestaltete, zweigeschossige, allgemeine Männerpavillons mit je etwa 70 Betten, einen zweigeschossigen Kostgängerpavillon mit 25 Betten und drei kleinere, eingeschossige Infektionspavillons mit zusammen etwa 50 Betten. Das in Abb. 2 Bl. 16 dargestellte Erdgeschoß der Männerpavillons schließt sich einer Bauart der Krankenpavillons des Eppendorfer Krankenhauses an. Einem mittleren, zweiseitig belichteten Krankensaal für 30 Betten sind an den Kopfseiten Vorbauten angefügt, die einige Einzelzimmer und die erforderlichen Nebenräume enthalten. Die gleiche Anlage zeigt auch nach Abb. 4 Bl. 16 der Grundriß zweier Infektionspavillons, während der dritte Infektionspavillon, der für Beobachtungszwecke in zweifelhaften Krankheitsfällen dient, nach Abb. 7 Bl. 16 eine besondere Anordnung aufweist, die eine Trennung der zu beobachtenden Kranken in drei für sich besonders zugänglichen, jedoch untereinander verbindbaren Abteilungen von Krankenzimmern mit 1 bis 4 Betten ermöglicht.

Die neueste Infektionsbaracke hat, im Gegensatz zu den vorgenannten eingeschossigen Infektionspavillons zwei Krankengeschosse und ein teilweises Mansardgeschoß über dem Mittelbau für Schwesternwohnungen. Die Grundrißanordnung geht aus Text-Abb. 6 näher hervor; sie gestattet entweder ein und dieselbe Art von Infektionskranken oder mehrere Abteilungen verschiedener Krankengattung unter günstiger Trennung derselben unterzubringen. Jedenfalls können die beiden Krankengeschosse gut voneinander getrennt werden.

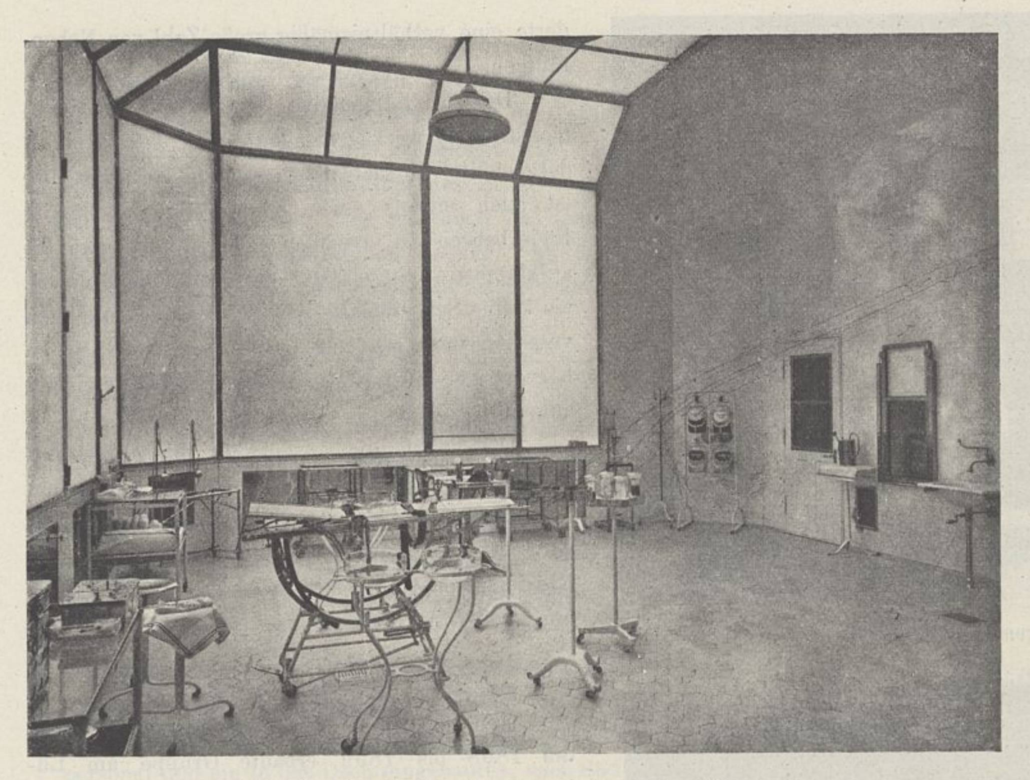


Abb. 14. Aseptischer Operationssaal im Operationshaus.

Für den Kostgängerpavillon, welcher nach Abb. 5 Bl. 16 nur Krankenzimmer mit 1 oder 2 Betten enthält, war die Fluranlage das gegebene. In dem Kellergeschoß dieses Gebäudes ist eine Niederdruck-Dampfheizungsanlage untergebracht, von welcher die ganze vorgenannte Gruppe von sechs Pavillons mit Heizung und Warmwasser versorgt wird. Es ist aber beabsichtigt, diese Gebäude späterhin an das Hauptkesselhaus anzuschließen.

Die zweite Gruppe von Krankenpavillons ist nach einem Grundrißschema erbaut, das für diese Pavillons die Bezeichnung als Doppelpavillons rechtfertigt und das im allgemeinen bei allen gleichmäßig durchgeführt ist. Wie aus Abb. 12 Bl. 16, Grundriß des Erdgeschosses, hervorgeht, sind zwei in Text-Abb. 10 dargestellte Krankensäle mit je 16 Betten symmetrisch zu beiden Seiten eines Mittelbaues angeordnet, der zugleich mit zwei äußeren Kopfbauten die Nebenräume der Krankensäle aufnimmt. In diesen Krankensälen sind an einer mittleren Tragsäule mit Eisenblech ummantelte Waschtische und Spülbecken nach Text-Abb. 9 angebracht, die aber nur von Ärzten und dem Wärterpersonal benutzt werden, während für die Kranken die Waschtische in einem besonderen Nebenraum untergebracht sind. Die Nebenräume, deren Zahl über ein notwendiges Maß kaum hinausgeht, sind in den Kopfbauten unmittelbar von den Krankensälen zugänglich, während sie im Mittelbau an einem kurzen Mittelflur angeordnet sind, der seine Beleuchtung und Lüftung im allgemeinen von dem in der Querachse liegenden, mit einer großen Glaswand sowohl in der Front wie am Mittelflur abgeschlossenen, gemeinschaftlichen Tageraum (Text-Abb. 11) und von dem diesem gegenüberliegenden Treppenhaus erhält. Neben dem Tageraum und von diesem zugänglich liegt die Teeküche (Text-Abb. 12), die nach dem Mittelflur ein Ausgabe-Schalterfenster besitzt und mit der Teeküche im Obergeschoß durch einen Handaufzug verbunden ist. Im übrigen enthält der Mittelbau ein Isolierzimmer, ein Schwesternzimmer, einen Baderaum und ein Verband- oder Behandlungszimmer (Text-Abb. 13). Von den etwa 82 Betten, die jeder dieser Krankenpavillons aufnehmen kann, entfallen 64 auf die vier Säle, die übrigen auf Einzelzimmer mit 1 bis 2 Betten.

Die Haupteingänge der Pavillons liegen im Tageraum und Treppenhaus, einen weiteren Nebeneingang besitzen je zwei der Mittelachse des Geländes zunächst liegende Pavillons der Männer- und Frauenabteilung, die in dem Erdgeschoß je eine im südlichen Kopfbau zugängliche Aufnahmeabteilung für medizinische und chirurgische Männer und Frauen besitzen. Von diesen vier Aufnahmepavillons unterscheiden sich wiederum die beiden inneren von allen übrigen Pavillons durch einen zweiten Geschoßaufbau über dem Mittelbau, wo für einige Assistenzärzte Wohnungen eingerichtet sind.

Im Kellergeschoß sind nur einige Räume für schmutzige Wäsche sowie für die Aufbewahrung von Krankenkleidern vorhanden. Im übrigen geht aus dem Kellergrundriß (Abb. 13 Bl. 16) und dem Längenschnitt (Abb. 11 Bl. 16) die Anlage der Frischluftzuführung zur Lüftung der Krankenräume usw. näher hervor. Als Frischluft-Vorwärmkammern dienen hier die etwa 0,90 m hohen Hohlräume unter Erdgeschoßfußboden der Krankensäle, wo die Erwärmung der Luft hauptsächlich durch das Netz der hier sich verzweigenden Heizröhren stattfindet.

Wie bei der baulichen Ausgestaltung der Innenräume aller Krankengebäude, so wurde auch bei deren Einrichtung mit Gebrauchs- und Betriebsgegenständen den hygienischen Forderungen in sorgfältigster Weise Rechnung getragen namentlich in bezug auf Vermeidung der Ansammlung von Staub und Unreinigkeiten an schwer zugänglichen Stellen, leichte Reinhaltung, Bequemlichkeit der Handhabung, Dauerhaftigkeit usw. Als Baustoff für diese Gegenstände ist in weitgehendem Maß Eisen (für Betten, Stühle, Nachttische, Verbandtische, Medizin- und Verbandschränke usw.), natürlicher und gebrannter Stein (für Tischplatten, Seziertische, Waschbecken, Badewannen, Ausgüsse usw.), Glas (für Tischplatten, Bordplatten usw.), Kupfer, Nickel, Legierungen u. dgl. (für Badewannen, Spülbecken usw.) zur Anwendung gekommen neben Holz, das trotz seiner geringeren hygienischen Eigenschaften doch wegen seiner mannigfachen Vorzüge (Eigenwärme, geringeres Gewicht, Elastizität, Weichheit, Billigkeit usw.) sehr oft nicht gut ersetzbar ist.

Das Operationshaus.

Nachdem das 1903/04 neu erbaute Operationshaus 1915 durch den Anbau eines weiteren Operationssaales eine Erweiterung erfahren hat, enthält es im Erdgeschoß (Text-Abb. 15 u. Abb. 8 Bl. 16) nunmehr als Haupträume drei Operationssäle, denen eine Anzahl von Nebenräumen ange-

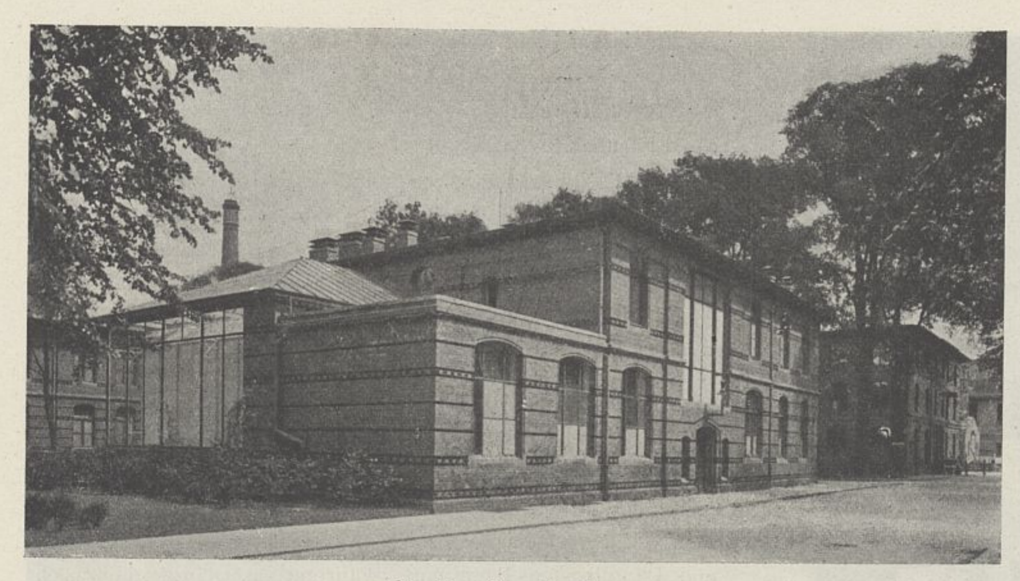


Abb. 15. Operationshaus.

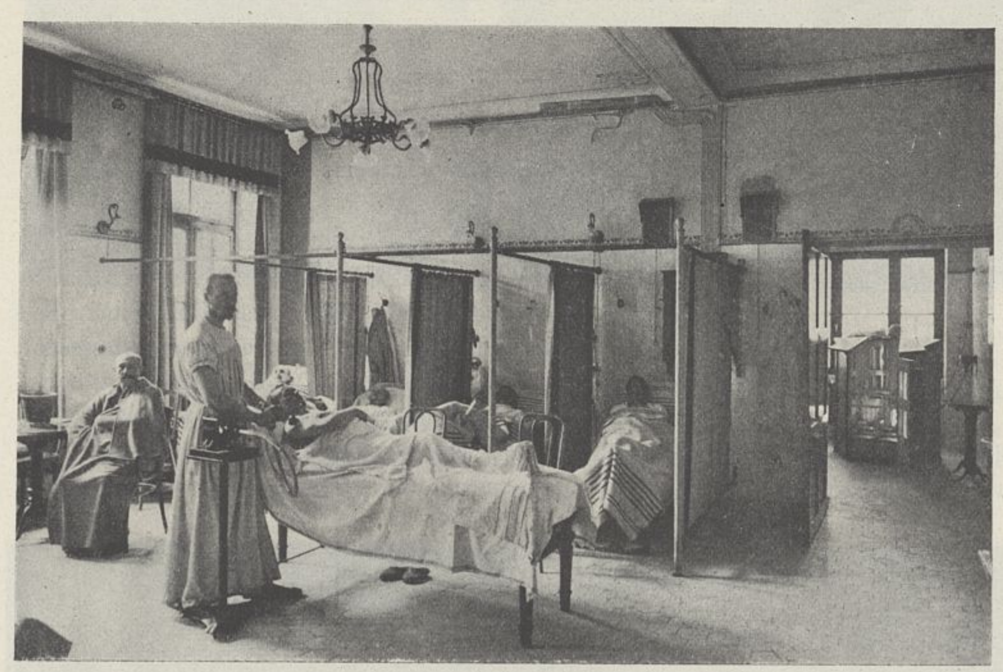


Abb. 16. Ruhe- und Massageraum im Badehause.

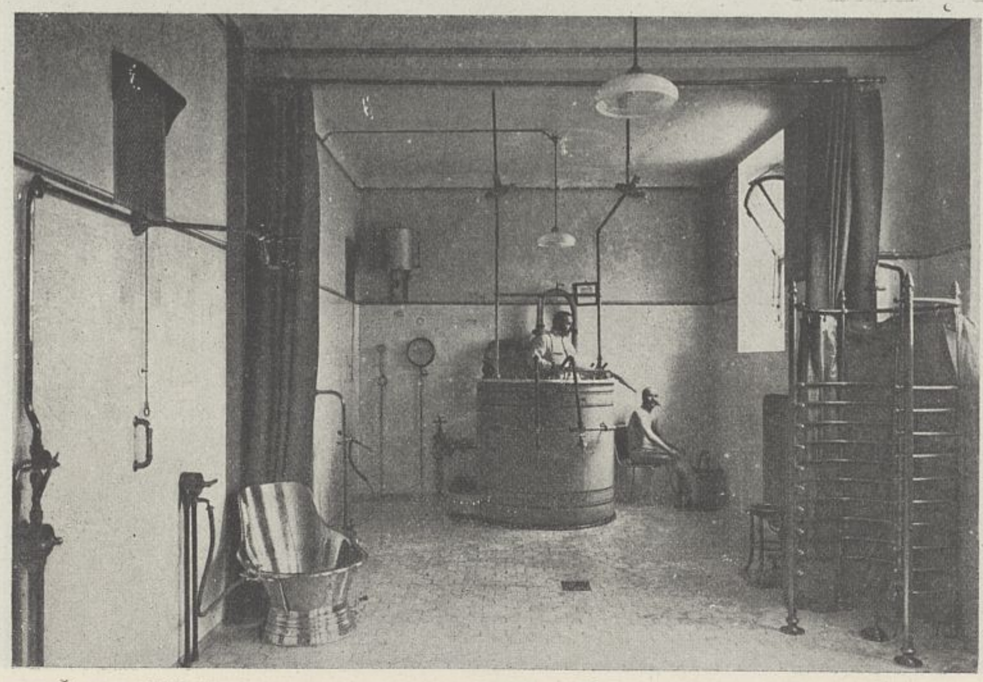


Abb. 17. Duscheraum im Badehause.

gliedert ist. Im Obergeschoß, das ursprünglich die Räume des jetzt in einem besonderen Gebäude untergebrachten Röntgen-Instituts aufnahm und hierfür mit einem besonderen Zugang von dem Treppenhaus versehen wurde, sind Räume für Ärzte und Schwestern und eine Verbandzeugfabrik untergebracht, während das Kellergeschoß Lagerräume für Verbandzeug und Glassachen, abgesehen von den Räumen für Heizungs- und Lüftungszwecke, aufnimmt.

Die Operationssäle sind, wie beispielsweise Text-Abb. 14 zeigt, an mehreren Frontseiten, die eine nördliche Lage haben, mit doppelten Glaswänden, außerdem noch mit großen Oberlichten versehen, wodurch ihnen eine sehr gute, schattenlose Belichtung gegeben ist. Zwischen den inneren, mit Nickel-Deckleisten versehenen Eisenrahmen dieser Glaswände ist ein begehbahrer Zwischenraum von etwa 0,50 m Breite vorgesehen, der eine leichte Reinigung der Glasflächen, von denen die innere aus mattem, die äußere aus klarem Spiegelglas besteht, ermöglicht. Soweit die Wände und Decken nicht aus Glas bestehen, sind sie mit weißen Kacheln vollständig bekleidet und mit den inneren Glasflächen bündig und ganz glatt hergestellt. Die Fußböden sind mit Entwässerungsrosten versehen, die gleichzeitig durch ein zu betätigendes Rohrnetz mit besonderem Wasserhahn gespült werden können.

Zur Erzielung einer in allen Teilen möglichst gleichmäßigen Erwärmung der Operationssäle haben sie eine Fußbodenheizung, eine Umluftheizung durch Wandkanäle und eine Heizung mittels Niederdruckdampfradiatoren in den Fensterbrüstungen erhalten. Die Brüstungen, in denen die Radiatoren durch Nickelplatten verdeckt sind, besitzen auch Wandkanäle, durch welche die Warmluft der Fußbodenheizung zwischen den Glaswänden aufsteigen kann nach dem Raum zwischen Glasdecke und Glasdach oberhalb des Saales, von wo sie nach erfolgter Abkühlung in Rücklaufkanälen wieder nach dem Hohlraum unterm Fußboden zurückgeleitet wird, um den Kreislauf von neuem zu beginnen.

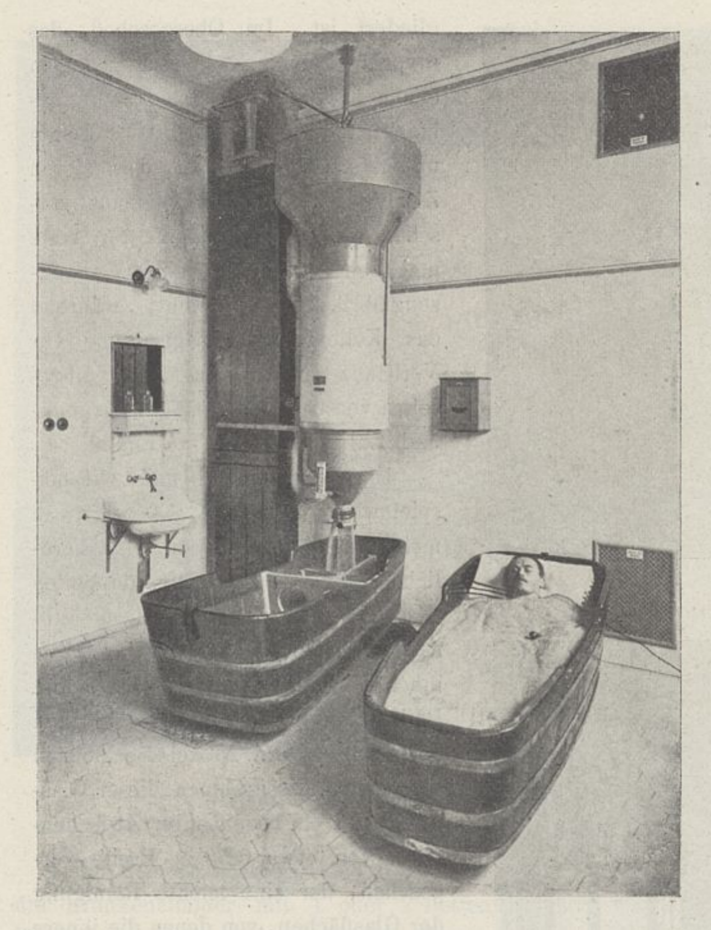


Abb. 18. Sandbaderaum.

Bei den Lüftungseinrichtungen ist für den größeren, für aseptische Operationen bestimmten Saal eine besondere Reinigung der Zuluft mittels einer Luftfilteranlage vorgesehen worden, die im Kellergeschoß untergebracht und in Abb. 8 bis 11 Bl. 19 dargestellt ist. Die Frischluft wird hiernach zunächst durch ein Koksfilter geleitet, das gröbere Staubteilchen zurückhält, sodann mittels eines Ventilators durch ein in einem geschlossenen Eisenblechkasten angebrachtes Sandfilter gepreßt und von hier aus in staubfreiem Zustand dem Saal zugeführt.

Die Versorgung der Operationssäle mit kaltem, warmem und keimfreiem Wasser ist in ausgiebiger Weise erfolgt, ebenso sind für ihre künstliche Beleuchtung teils feststehende, teils verstellbare elektrische Rückstrahllampen mit Bündeln von starkkerzigen Glühbirnen vorgesehen, die die Räume mit hellstem, schattenlosem Licht versehen. — Die Operationssäle sind mit den anstoßenden Entkeimungsräumen außer durch Türen auch durch Schalterfenster verbunden, in denen Entkeimungskocher für Instrumente eingebaut sind.

Alle Nebenräume, Entkeimungs-, Instrumenten-, Vorbereitungszimmer sind in vollkommener Weise mit allen Apparaten und Einrichtungen versehen, die bei einem den neuzeitlichen Anforderungen entsprechenden Operationsdienst vorhanden sein müssen.

Das Badehaus.

Das lediglich dem Wasserheilverfahren dienende Badehaus nimmt im Erdgeschoß nach Abb. 14 Bl. 18 einen größeren Duscheraum nebst Massage- und Ruheraum, ferner mehrere Räume für elektrische, Sand-, Kohlensäure-, Sool-, Heißluft- und Dampfkasten-Bäder auf, während im Obergeschoß nach Abb. 13 Bl. 18 drei Räume mit ein, zwei und vier Wasserbetten, Räume für medizinische Bäder und elektrische Untersuchungen, ein Inhalationszimmer und einige Nebenräume untergebracht sind.

Im Keller befindet sich außer den Räumen für Heizungsapparate, Sandlagerung und -reinigung noch ein Baderaum für Beamte.

Der in Text-Abb. 17 dargestellte Hauptraum des Erdgeschosses, der Duscheraum, ist mit einer halbkreisförmig gestalteten Duschenbühne für acht verschiedene Arten von Duschen und Brausen, einem in den Fußboden eingelassenen Vollbad und sonstigen Bade- oder Duscheeinrichtungen ausgestattet, während der Ruhe- und Massageraum (Text-Abb. 16) vier mit Ruhebetten versehene Kojen enthält, die durch Vorhänge an einem abnehmbaren Messinggestell gebildet werden

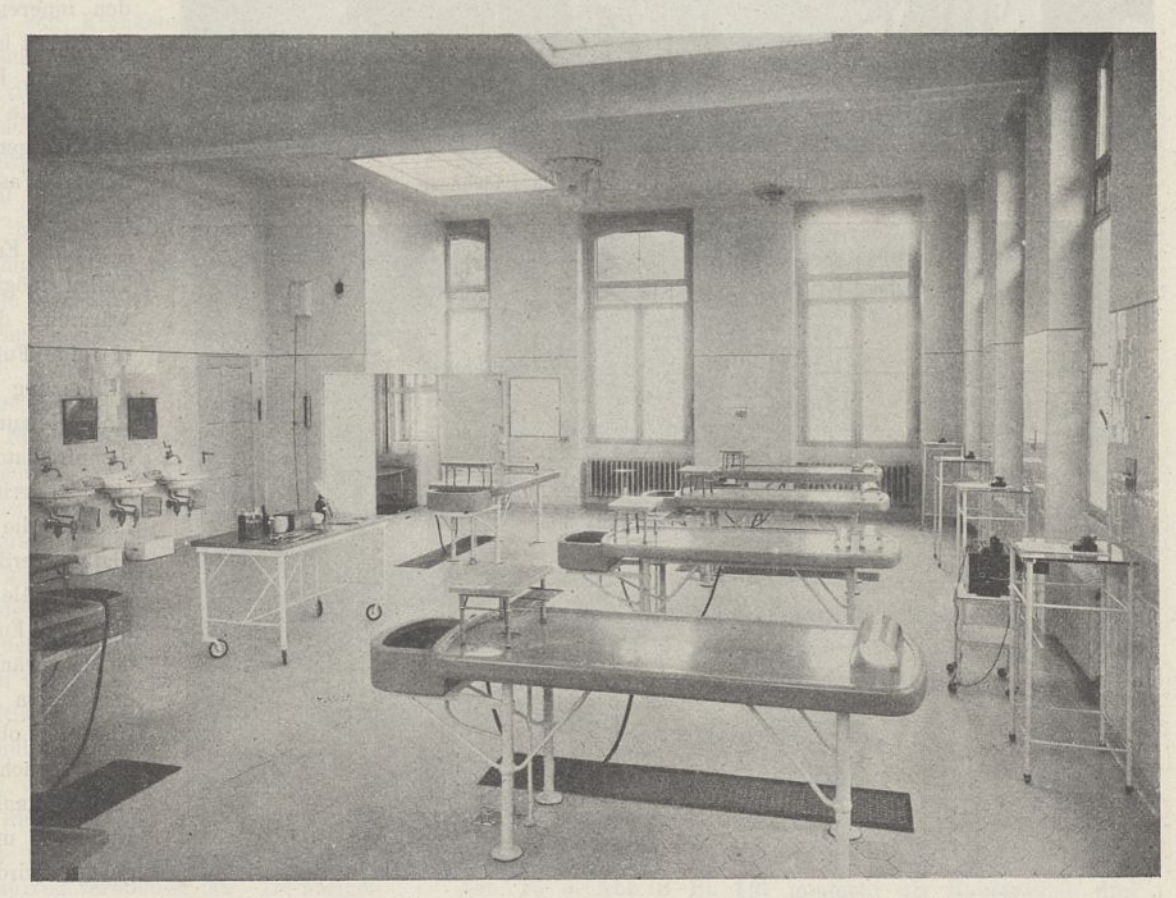


Abb. 19. Seziersaal im Pathologischen Institut.



Abb. 20. Mikroskopiersaal im Pathologischen Institut.

durch Dampfrohre heizbares Becherwerk aufgestellt zum Heben des Sandes aus dem darunter befindlichen Lager- und Reinigungsraum.

Die Bauart der Wasserbetten im Obergeschoß geht aus der Abb. 1 bis 7 Bl. 19 hervor. Die in Drahtputz hergestellten und in allen Flächen mit Kacheln bekleideten Wannen sind mit Segeltuch-Liegebahren versehen, die durch Handwinden auf- und niedergelassen werden können. Das dauernd ab- und zufließende Wasser wird durch einen Gegenstromapparat erwärmt und auf stetiger Wärme gehalten.

Zur ausreichenden Erwärmung der Baderäume des Erdgeschosses, namentlich ihrer

und daher gegebenenfalls zu einer anderweitigen Benutzung des Raumes entfernt werden können. Im Sandbaderaum ist nach Text-Abb. 18 hauptsächlich ein elektrisch betriebenes,

Plattenfußböden, ist unterhalb des Fußbodens derselben ein heizbarer Hohlraum hergestellt, der gleichzeitig die Vorwärmekammer für die zur Entlüftung der Räume dienende Frischluft bildet (vgl. Abb. 12 Bl. 18).

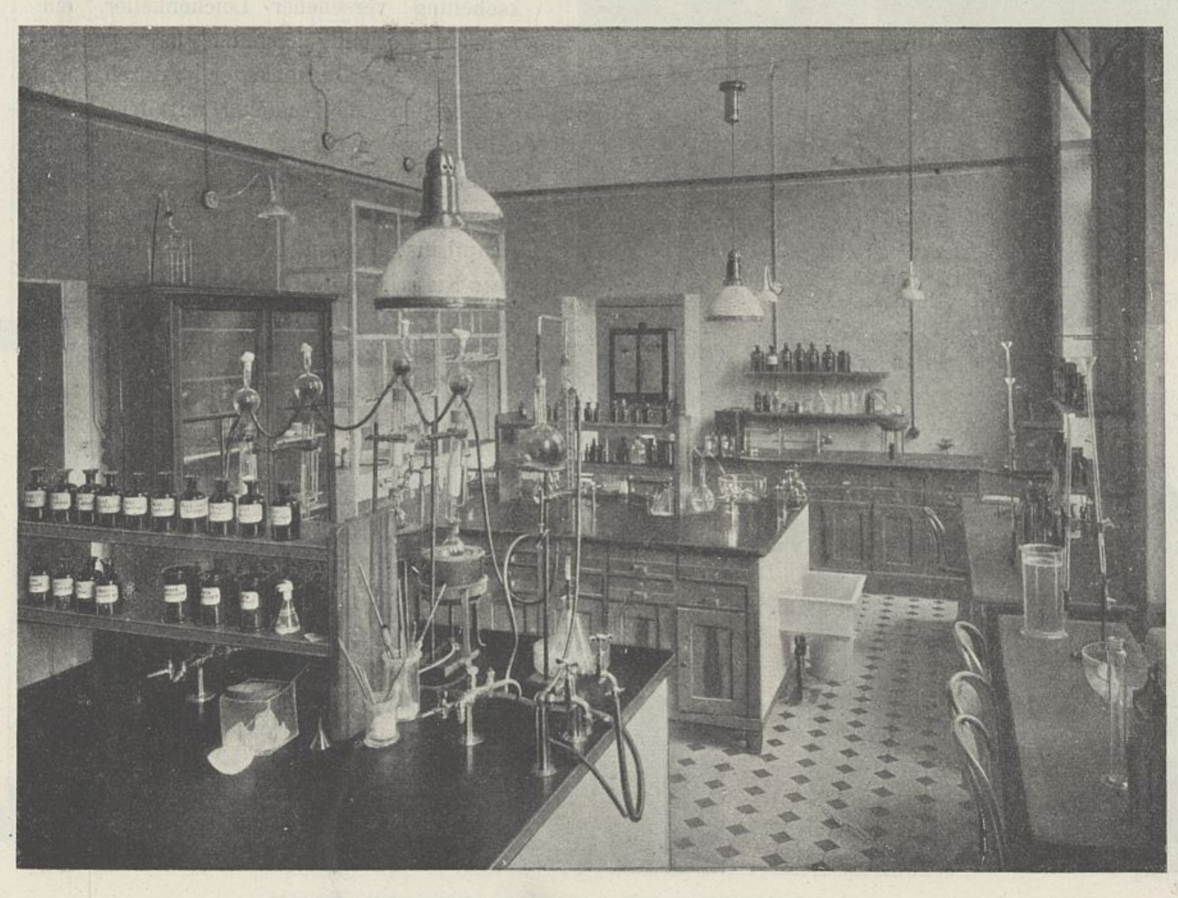


Abb. 21. Chemisches Laboratorium im Pathologischen Institut.

Das Pathologische Institut.

In dem Pathologischen Institut sind zwei verschiedene Gruppen von Räumen in vollständig getrennter Weise untergebracht, und zwar diejenigen für wissenschaftliche Zwecke im Erd- und Obergeschoß, diejenigen für den Leichendienst im Unter- oder Kellergeschoß, wo sich aber auch einige Nebenräume der erstgenannten Gruppe befinden. Beide Gruppen haben ihre eigenen Zugänge, die an entgegengesetzten Längsseiten des in eine etwa 3 m hohe Böschung eingebauten Gebäudes liegen und zu den wissen-



Abb. 22. Kapellenanbau am Pathologischen Institut.



Abb. 23. Pathologisches Institut. Inneres der Kapelle.

schaftlichen Räumen in Erdgeschoßhöhe, zu den Leichendiensträumen in Kellergeschoßhöhe von dem Gelände aus führen.

Das ursprüngliche, 1903/04 errichtete Gebäude hat 1914/15 eine erhebliche Erweiterung erfahren und seine jetzige aus Abb. 3 bis 6 Bl. 17 ersichtliche Gestaltung erhalten. Hiernach nimmt das Erdgeschoß eine Anzahl von chemischen, serologischen und bakteriologischen Laboratorien mit verschiedenen Nebenräumen auf, die sämtlich zu beiden Seiten eines Mittelflurs angeordnet sind, außerdem einen an dem einen Ende des Mittelflurs gelegenen größeren Präparaten-Sammlungsraum. Im Obergeschoß befinden sich als Haupträume ein großer Seziersaal (Text-Abb. 19) mit sieben Seziertischen sowie ein großer Mikroskopiersaal (Text-Abb. 20) mit Mikroskopiertischen rings an den drei Frontwänden und auf einer erhöhten Bühne inmitten des Saales. Beide Räume sind auch mit Oberlichtbeleuchtung versehen. Zwischen ihnen liegen physiologische Laboratorien, ein Hörsaal und verschiedene ärztliche Arbeitsräume sowie einige kleinere Nebenräume.

Im Untergeschoß sind außer einigen Räumen für Versuchstiere und Speicherräumen des Pathologischen Instituts die für den Leichendienst erforderlichen Räume, ein größerer Aufbahrungsraum, ein mit Kühleinrichtung und mit vollständiger Wandkachelung versehener Leichenkeller, ein Leichen-Besichtigungsraum usw. untergebracht. Der Leichenkeller ist durch einen elektrischen Leichenaufzug mit dem oberhalb liegenden Sammlungsraum und dem Seziersaal verbunden. Ein in Text-Abb. 22 dargestellter eingeschossiger Anbau an das Haupthaus, dessen Fußboden nur wenig über Kellerhöhe des letzteren liegt, enthält



Abb. 24. Mediko-mechanisches Institut.



Abb. 25. Zandersaal im Mediko-mechanischen Institut.

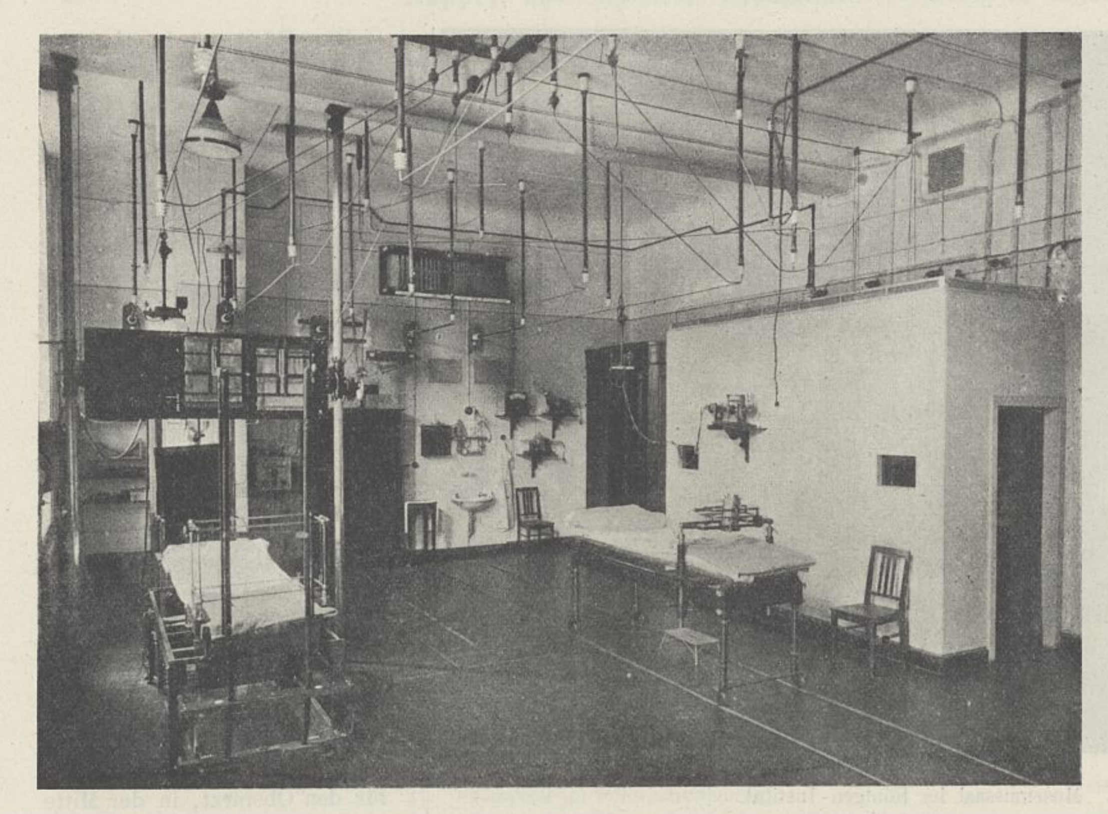


Abb. 26. Diagnostikraum im Röntgen-Institut.

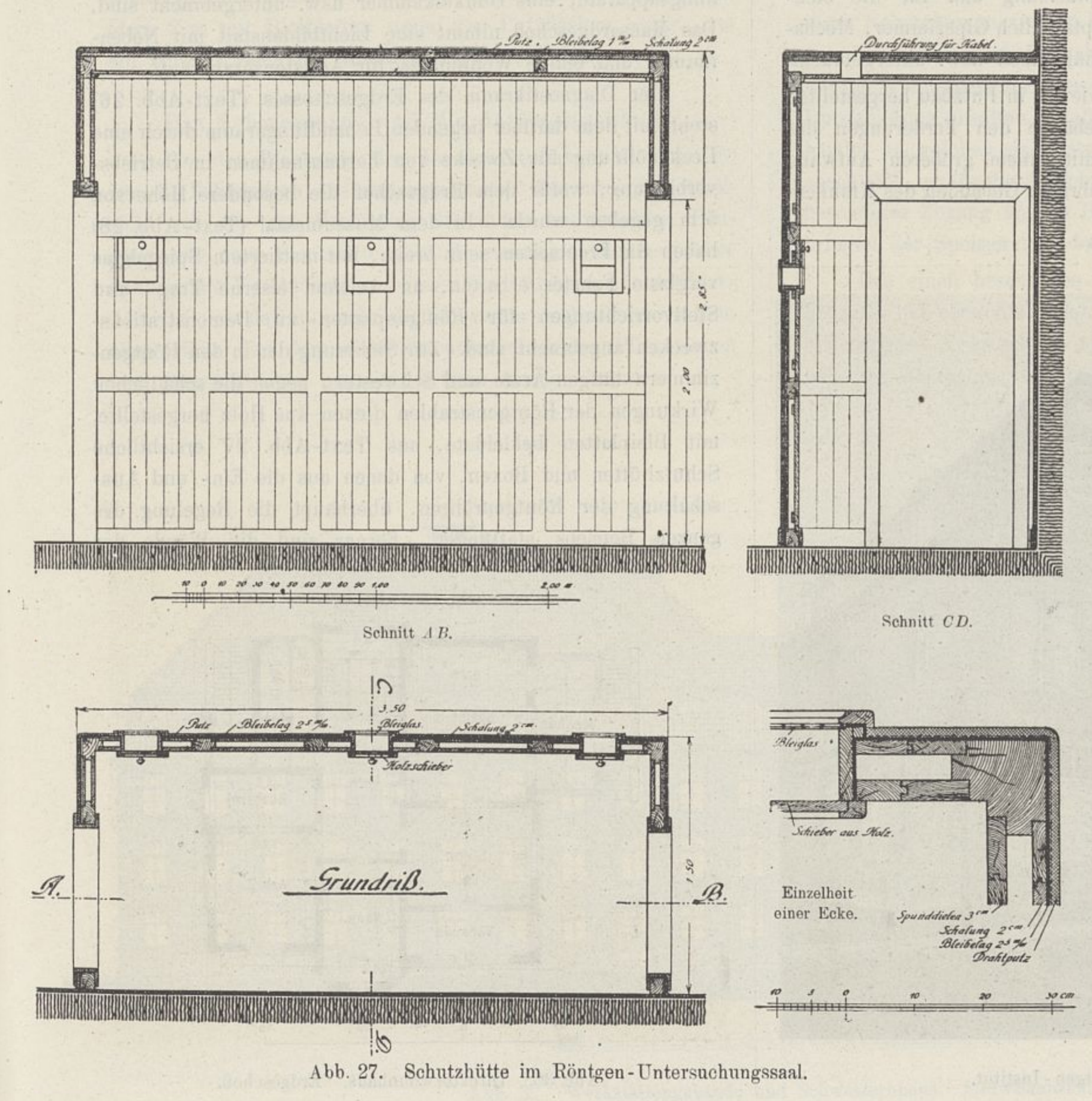


Abb. 27. Schutzhütte im Röntgen-Untersuchungssaal.

eine mit einem elliptischen Drahtputzgewölbe überdeckte Leichenkapelle (Text-Abb. 23), einen Warteraum für Publikum und einen Verbindungsgang zwischen Aufbahrungsraum und Kapelle (Abb. 5 Bl. 17).

Der Betrieb der Laboratorien, von denen beispielsweise das chemische in Text-Abb. 21 dargestellt ist, hat die Anlage einer größeren Zahl von Abdampfkapellen erforderlich gemacht, die teils in Eisen, teils in Holz hergestellt sind. Für den Seziersaal sind Seziertische nach Abb. 11 bis 15 Bl. 17 mit Platten aus Solnhofer Stein beschafft worden. Die aus Metall (Eisen und Messing) und Glas angefertigten Mikroskopiertische im Mikroskopiersaal sind mit Wasser-Zu- und Ableitung und mit Gasleitung versehen und haben vor den Fenstern auf Fußrollen bewegliche Teile, wie Abb. 7 bis 10 Bl. 17 zeigt.

Das Mediko-mechanische Institut.

Um sowohl dem Privatbetrieb wie auch den Zwecken des Krankenhauses zu genügen, ist das Mediko-mechanische Institut mit zwei vollständig mit Sonderapparaten ausgerüsteten, selbständigen Übungssälen ausgerüstet, die von außen durch getrennte Eingänge erreicht werden können.

Das Gebäude besteht nach Abb. 1 u. 2 Bl. 17 und Text-Abb. 24 aus einem zweigeschossigen, mit Ziegeldach versehenen Vorderhaus und einem fast ganz eingeschossigen, flach gedeckten Hinterhaus, das die beiden Zandersäle (Text-Abb. 25), einen Turnsaal und einige Nebenräume enthält, während das Vorderhaus im Erdgeschoß Verwaltungs- und Kleiderräume, im Obergeschoß Massage- und Badezimmer verschiedener Art aufnimmt. In dem gut beleuchteten Keller des Vorderhauses und eines Teiles des Hinterhauses sind außer den Räumen für eine



Abb. 28. Museumssaal im Röntgen-Institut.

selbständige Niederdruck-Dampfheizung und für die elektrischen Antriebsmaschinen hauptsächlich Gipszimmer, Mechanikerwerkstätten, Verbandzeugnähstuben usw. untergebracht.

Die Innenräume sowohl wie die in Putzbau hergestellten Fassaden sind bei diesem Gebäude den Forderungen des Privatbetriebes entsprechend mit einem größeren Aufwand hergestellt worden als bei den übrigen Gebäuden des Krankenhauses.



Abb. 29. Röntgen-Institut.

Das Röntgen-Institut.

Um der starken Entwicklung des Röntgenbetriebes Rechnung zu tragen, wurde es aus dem Obergeschoß des Operationshauses in ein 1915 fertiggestelltes, selbständiges Gebäude (Text-Abb. 29) verlegt, das aus Erd-, Ober- und ausgebautem Mansardgeschoß besteht und im Erdgeschoß nach Abb. 15 Bl. 18 hauptsächlich einen großen Raum für Röntgendiagnostik mit Vor- und Warteraum und einen großen Konferenz- und Museumssaal enthält, während im Obergeschoß nach Abb. 16 Bl. 18 zwei Röntgenbehandlungszimmer für Innenbestrahlung und Oberflächentherapie, ein Plattenarchivraum, ein Arbeitszimmer für den Oberarzt, in der Mitte ein Raum für die Hochspannungsapparate, eine Dunkelkammer usw. untergebracht sind. Das Mansardgeschoß nimmt eine Lichtbildanstalt mit Nebenräumen und einige Wohnungen für Assistenzärzte auf.

Der Diagnostikraum des Erdgeschosses (Text-Abb. 26) steht mit dem darüber liegenden Behandlungsraum durch eine Deckenöffnung für Zwecke von Fernaufnahmen in Betriebsverbindung, wofür dem Erdgeschoß die besondere Höhe von 5 m gegeben wurde. In dem Museumssaal (Text-Abb. 28) haben die Frontseiten sehr breite, mit mattiertem Spiegelglas verglaste Fenster erhalten, an welchen eiserne Trag- und Stellvorrichtungen für Röntgenplatten zu Demonstrationszwecken angebracht sind. Zur Sicherung der in den Röntgenzimmern tätigen Ärzte und Schwestern gegen die schädlichen Wirkungen der Röntgenstrahlen dienen aus Holz hergestellte, mit Bleiplatten bekleidete, aus Text-Abb. 27 ersichtliche Schutzhütten und Boxen, von denen aus die Ein- und Ausschaltung der Röntgenröhren, überhaupt die Regelung des ganzen Betriebs stattfindet. Ferner sind die Wände der

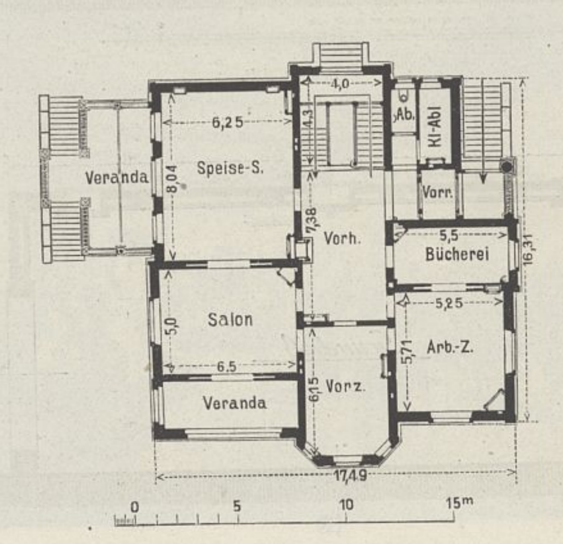


Abb. 30. Direktorwohnhaus. Erdgeschoß.



Abb. 31. Speisesaal im Schwesternhaus.

Röntgenräume gegen benachbarte Räume in einer Höhe von etwa 2 m mit Bleiplatten unter den Putzflächen belegt, um ein Durchdringen der Röntgenstrahlen zu verhüten.

Das Schwestern- und Werkstättengebäude.

Von den Wohngebäuden des Krankenhauses ist dasjenige für die Schwestern das umfangreichste. Es wurde mit Rücksicht auf den zur Verfügung stehenden beschränkten Bauplatz mit dem Werkstättengebäude zusammenhängend, aber ohne innere Verbindung mit demselben 1913/14 erbaut (Text-Abb. 32), so daß nunmehr die Schwesternwohnräume in dem alten Haus den dort ebenfalls untergebrachten Pflegerinnen und Dienstmädchen ganz überwiesen werden konnten.

Das neue Schwesternhaus enthält außer dem Keller ein Erdgeschoß, zwei Obergeschosse und ein ausgebautes Mansardgeschoß. Im Erdgeschoß sind nach Abb. 6 Bl. 18 hauptsächlich die Räume des Schwesternkasinos mit einem großen, reicher ausgestatteten Speisesaal (Text-Abb. 31), einigen Wohn- und Wirtschaftsräumen sowie eine geräumige Gartenterrasse untergebracht, welche letztere von dem Speisesaal durch eine Eingangshalle erreicht werden kann und die Verbindung mit dem Schwesterngarten vermittelt. Der übrige Teil des Erdgeschosses und die Obergeschosse sind für Wohnungen von Schwestern, Volontärinnen und Pflegerinnen eingerichtet. Die Mehrzahl der Schwestern bewohnt Einzelzimmer mit einem Bett, der übrige Teil des Personals im allgemeinen Zimmer mit zwei Betten. Die nach Text-Abb. 33 u. 34 eingerichteten Wohnzimmer mit ihren Nebenräumen sind zu beiden Seiten eines Mittelflurs angeordnet und in einfacher, aber gediegener Weise ausgestattet; nur die Wohnungen der Oberschwestern haben eine bevorzugtere Durchbildung erhalten. Außer dem Haupteingang zu dem Gebäude, an welchen ein breiter Treppenvorplatz (Text-Abb. 35) anschließt, ist für die Anrichteräume des Speisesaales noch ein besonderer Zugang an der Hoffront geschaffen, der zum Einbringen der Speisen von der Kochküche her dient.

Das einen besonderen Flügelbau bildende Werkstättengebäude hat ebenfalls außer dem Keller ein aus Abb. 6 Bl. 18 ersichtliches Erdgeschoß, zwei Obergeschosse und ein ausgebautes Mansardgeschoß mit etwas geringeren Geschoßhöhen



Abb. 32. Werkstättengebäude und Schwesternhaus. Südwestansicht.

als im Schwesternhausflügel. Hier sind im Erd- und ersten Obergeschoß Werkstätten verschiedenster Art sowie eine Brotausgabe untergebracht, während das zweite Obergeschoß einige Familienwohnungen und das Mansardgeschoß Wohnzimmer zu zwei Betten für unverheiratetes Personal aufnimmt.

Der Keller dient hauptsächlich wirtschaftlichen Lagerzwecken ebenso wie im Schwesternhaus, wo außerdem eine besonders zugängliche Matratzenfabrik und die Räume für eine besondere Niederdruck-Dampfheizungsanlage des Gesamtbaues untergebracht sind.

Das Direktorwohnhaus.

Einen Bestandteil des Krankenhauses für sich bildet das Wohnhaus des ärztlichen Direktors innerhalb eines größeren an der Ecke Lohmühlenstraße und Barcastraße gelegenen Gartens, der zwar eine von dem übrigen Krankenhausgelände getrennte Lage, aber mit letzterem eine unmittelbare Verbindung durch eine Gartenpforte besitzt. Das Wohnhaus hat ein hohes Kellergeschoß, in dem sich die Küchen-, Sammelheizungs- und einige Wohnräume für Dienstpersonal befinden.

Die Wohn- und Arbeitsräume des Erdgeschosses gruppieren sich nach Text-Abb. 30 um einen geräumigen Flurplatz, der einen Haupteingang von einer äußeren, hohen Freitreppe her durch eine kleine Vorhalle, außerdem einen Nebeneingang in dem Treppenhaus besitzt, das sich an den Flurplatz in ganzer Breite anschließt. Die Gruppierung der Schlaf- und Kinderzimmer im Obergeschoß entspricht derjenigen des Erdgeschosses. Im teilweise ausgebauten Dachgeschoß sind noch einige Fremdenzimmer und Nebenräume vorhanden, so daß das Direktorwohnhaus insgesamt zwölf Wohn- und Schlafräume, ohne Dienstmädchenzimmer usw., besitzt, von denen im Erd- und Obergeschoß einige auch mit einer Gartenterrasse, bzw. offenen Loggia versehen sind.

Die innere Ausstattung des Gebäudes entspricht ebenso wie die äußere bewegte, durch einen turmartigen Ausbau belebte Fassadengestaltung den architektonischen Ansprüchen, die an ein vornehmeres, villenartiges Wohnhaus zu stellen sind.

Das Wirtschaftsgebäude.

Das die Koch- und Waschküchenräume, Wirtschaftsspeicher, Personalwohnungen usw. aufnehmende Wirtschaftsgebäude besteht aus einem älteren, jedoch erweiterten und im Innern vollständig umgebauten Teil mit den zur Waschküche gehörigen Räumen und dem 1904 bis 1905 neu erbauten Teil, der die Räume der Kochküche enthält und von dem erstgenannten Teil durch eine geschlossene Wand vollkommen getrennt ist.

Im Erdgeschoß des Kochküchenhauses sind nach Abb. 1 Bl. 18 im allgemeinen die eigent-



Abb 33. Wohnzimmer für eine Schwester.

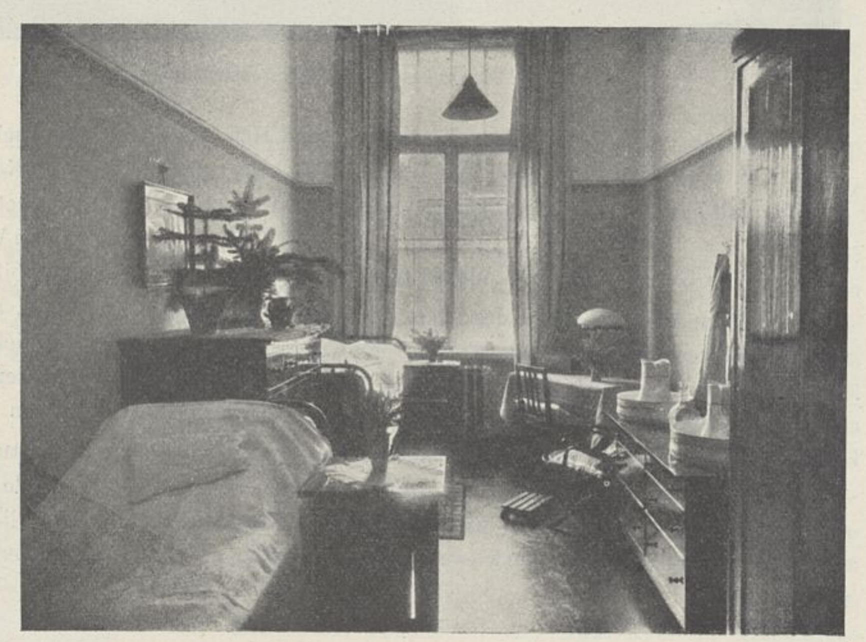


Abb. 34. Wohnzimmer für zwei Schwestern.



Abb. 35. Treppenvorplatz im Schwesternhaus.

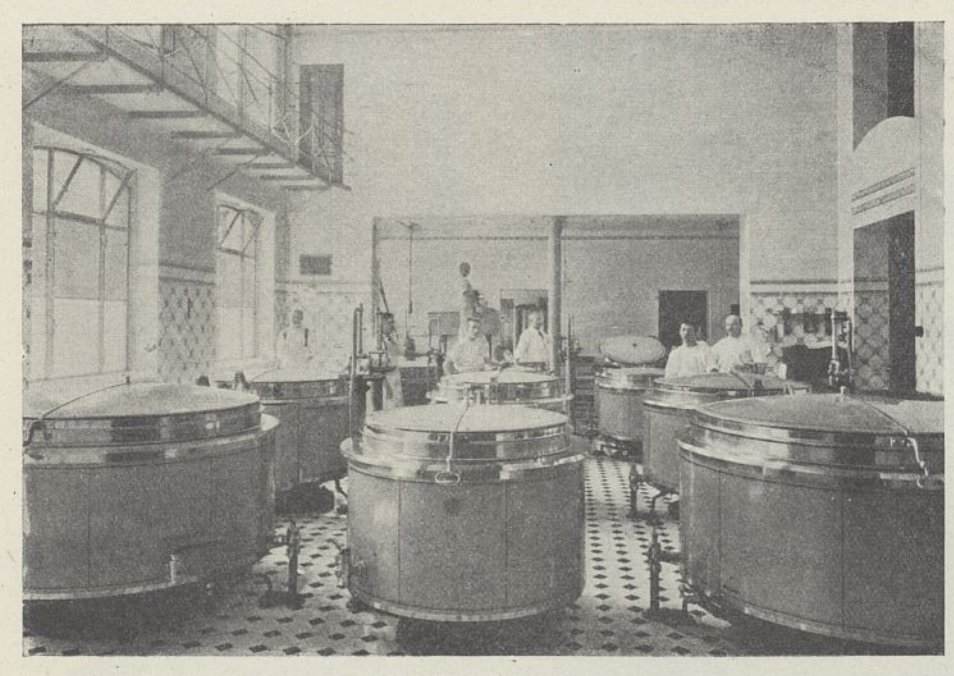


Abb. 36. Kochküche.

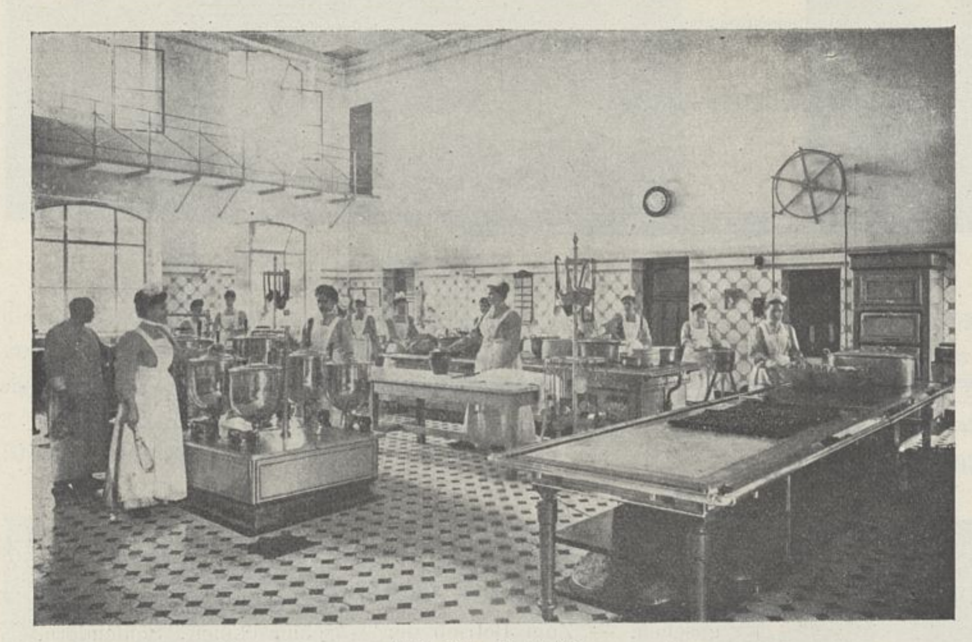


Abb 37. Bratküche.



Abb. 38. Waschküche.

liche, aus zwei Räumen (der Koch- und Bratküche, Text-Abb. 36 und 37) bestehende, durch zwei Geschosse hindurchgehende Kochküche und ihre Nebenräume, im ersten Obergeschoß das Ökonomiebureau und Speicherräume, im zweiten Obergeschoß die durch zwei verschiedene Treppenhäuser zugänglichen Schlafräume für männliches und weibliches Personal untergebracht, während das Kellergeschoß hauptsächlich Vorratsräume und zwei größere, durch einen Aufzug mit der Kochküche verbundene Speisesäle für das Personal enthält. In einem unterirdischen Anbau an das Kellergeschoß befinden sich noch Fleischkühlräume und ein Eislagerraum. Mit der Koch- und Bratküche, deren Wände in ganzer Höhe verkachelt sind, stehen die zugehörigen Nebenräume fast sämtlich in unmittelbarer, zum Teil auch in offener Verbindung, die einen leichten Überblick über den ganzen Betrieb gestattet. Der Anrichteraum ist gegen den Speiseausgaberaum durch eine mit Tür versehene Glas-Schalterwand abgeschlossen, die nach Text-Abb. 39 bis 41 drei mit doppelten Schalterfenstern ausgestattete Ausgabeöffnungen besitzt und über einem Wärmetisch aufgebaut ist. Ein Lastenaufzug verbindet die Küchenräume sowohl mit den Vorrats- und Speicherräumen im Keller wie mit denjenigen im ersten Obergeschoß.

Die Kochkücheneinrichtung ist für etwa 2200 Personen bemessen. Es sind 13 doppelwandige Dampfkochkessel mit Innenkesseln aus Reinnickel und Außenkesseln aus ummanteltem Gußeisen in Größen von 50 bis 800 Liter Inhalt vorhanden, die entweder allein mit Dampf oder mit Dampf und Wasserbad betrieben werden können. Zum Füllen der Kessel sind acht Wasserständer für Kalt- und Warmwasser mit Metallschlauch aufgestellt.

Die Bratküche enthält hauptsächlich einen großen Bratherd, einen Schichtbratofen, einen Backofen, sämtlich mit Gasheizung, außerdem für Dampfheizung einen Fischkochherd, einen Herd mit acht Kippkesseln von 20 bis 50 Liter Inhalt, mehrere Kochkessel von 100 bis 150 Liter Inhalt, einige große Wärmtische usw.

Eine Lüftungseinrichtung, die der Kochküche vorgewärmte frische Luft zuführt und die Küchendämpfe durch einige mit Saugheizung versehene Abluftschlote in der Decke abführt, gestaltet zugleich mit den wirkungsvollen Fensterkippflügeln in den sich gegenüberliegenden Front-

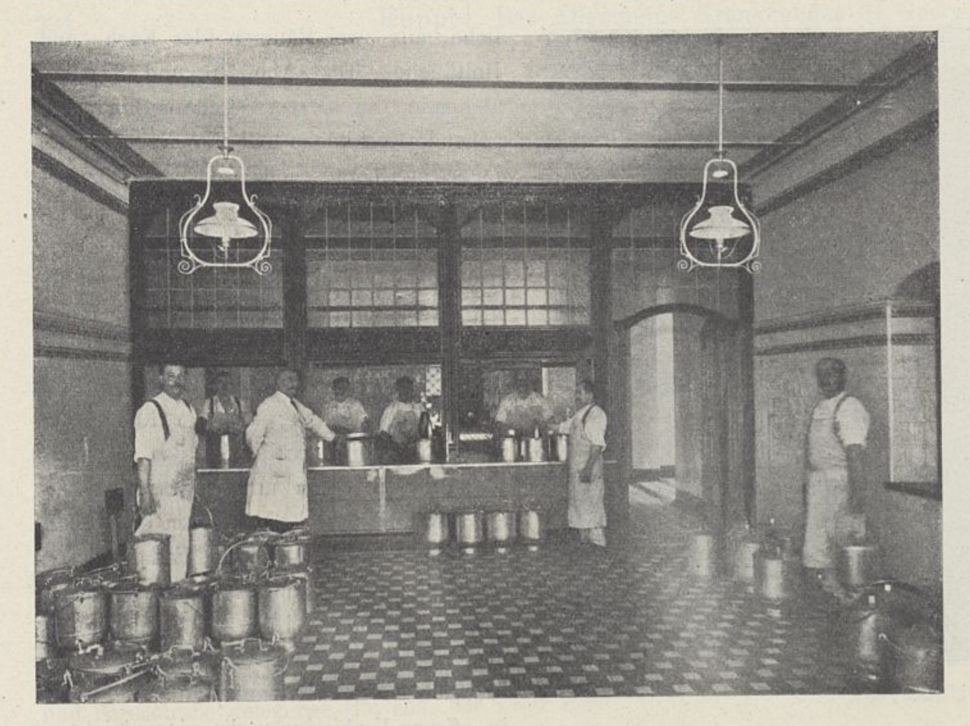


Abb. 39. Schalterwand zwischen Anrichteraum und Speiseausgabe.

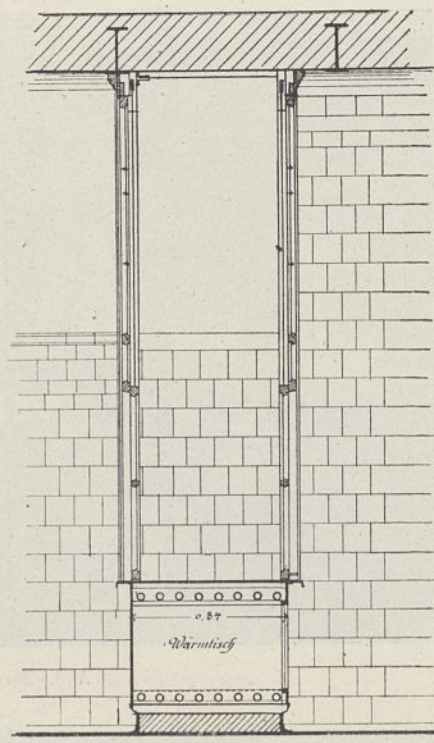


Abb. 40. Schnitt *AB*

Abb. 40 u. 41. Schalterwand.

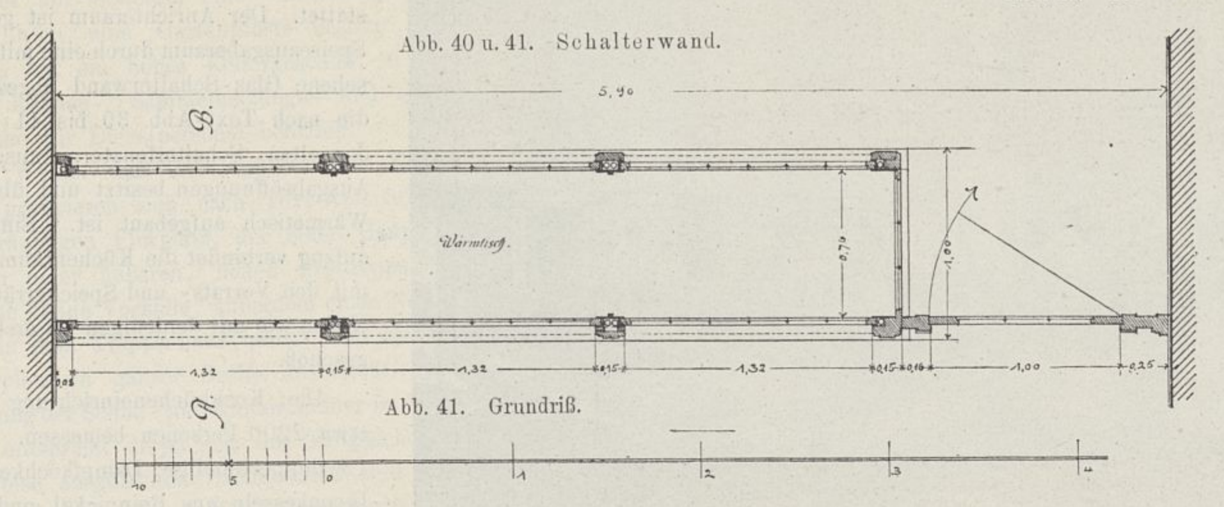


Abb. 41. Grundriß.

wänden die Luftverhältnisse sehr günstig. Die Beleuchtung der Küche selbst erfolgt durch Bogenlampen.

Die Hauptausstattungsstücke der Aufwasch- und Spülküche bilden zwei große Spülanlagen aus Duranametall mit vier großen Spülbecken und mit einem gemeinsamen Ablauftisch, außerdem ein großer Wärmeschrank, diejenigen des Gemüseputzraumes drei große Marmordoppelbecken zum Waschen von Kartoffeln und Gemüse.

Das aus Erd- und zwei Obergeschossen bestehende Waschküchenhaus enthält im Erdgeschoß, dem Gang des Waschverfahrens entsprechend angeordnet, einen Annahme- und Sortierraum, den großen, mit zehn Dampf-Wasch- und Spülmaschinen, vier Schleudern, einer größeren Zahl von fahrbaren Einweichkufen u. dgl. ausgestatteten Waschraum (Text-Abb. 38), einen Kochraum mit mehreren Dampf-Kochgefäßen, Waschbalgen usw., einen großen Plätt- und Mangelraum mit zwei Dampf-Riesenmangeln usw., sowie endlich einige Wäschespeicherräume mit einer Wäscheausgabe.

In den beiden Geschossen über dem großen Waschraum sind Trockenböden vorhanden, die mit ersterem durch einen Wäscheaufzug verbunden und mit einem großen Kulissentrockenapparat ausgestattet sind. In den übrigen Teilen der Obergeschosse sind Personal-, Arbeits- und Schlafräume vorgesehen. — Zum Betrieb der Waschmaschinen, Schleudern, des Wäscheaufzuges usw. dient eine in einem Raum des Erdgeschosses aufgestellte Einzylinder-Dampfmaschine, deren Abdampf zur Erzeugung des sämtlichen heißen Wassers für die Wäscherei ausgenutzt wird. Ebenso wird das Kondenswasser von den Dampf-Riesenmangeln, dem Kulissentrockenapparat und den sonstigen Heizvorrichtungen zur Bereitung von Waschlauge in den Laugebehältern des Kochraumes verwertet. Für Seifenlagerung ist ein kleiner, von dem Waschraum aus zugänglicher Keller unter dem Sortierraum vorhanden.

Das Hauptkesselhaus mit Fernheizung und Warmwasserversorgung.

Von dem an der tiefsten Stelle des Krankenhausgeländes errichteten Hauptkesselhaus (Text-Abb. 42) werden sämtliche den mittleren Teil des Geländes einnehmenden, zwischen Kesselhaus und Lohmühlenstraße liegenden Gebäude, mit Ausnahme des westlichen Krankenblocks an der Lohmühlenstraße, mit Niederdruckdampfheizung und Warmwasser versorgt. Eine Ausdehnung auf die bis jetzt noch mit beson-

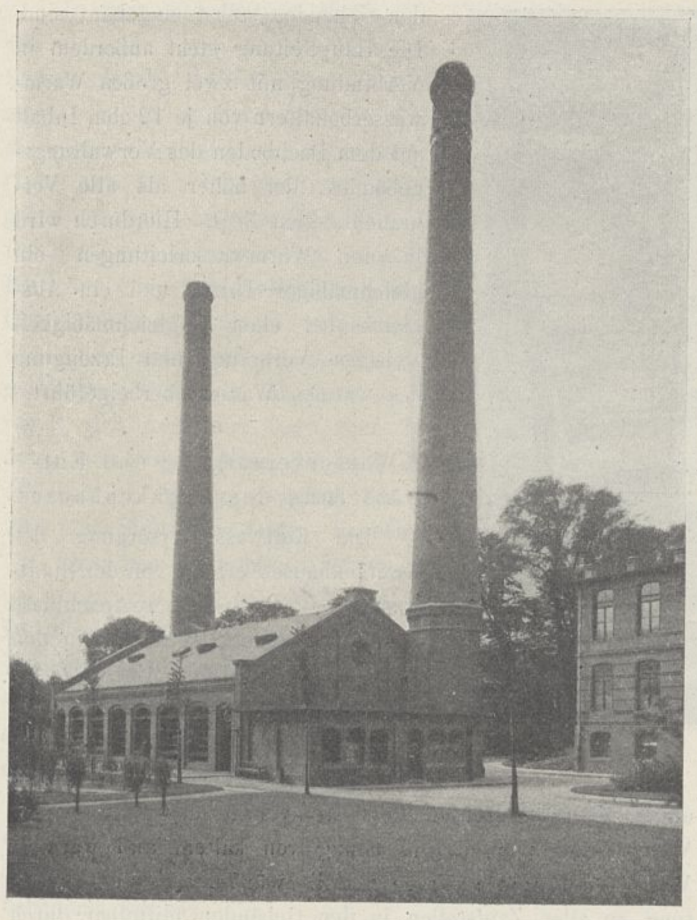


Abb. 42. Kesselhaus.

Er wird überdeckt mit einem von eisernen Dachbindern getragenen Schieferdach auf Schalung, dessen Fußpunkt 7 m über der Kesselhaussohle liegt. Die Wände sind mit lederfarbenen Verblendsteinen verblendet. In dem Kesselraum, dessen Sohle noch etwa 2,5 m unter dem umgebenden Gelände liegt, sind nach Text-Abb. 44 aufgestellt fünf Dampfkessel (verbundene Zweiflammrohr-Rauchröhrenkessel) je mit 225 qm Heizfläche und einem Betriebsdruck von 6 Atm., außerdem ein später eingebauter Doppelkessel derselben Art

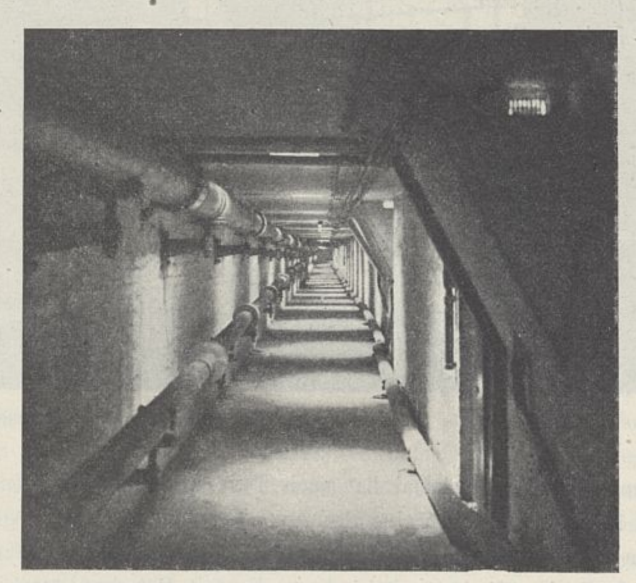


Abb. 43. Fernheizkanal.

deren Sammelheizungen versehenen Gebäude oder Gebäudegruppen oder wenigstens auf einen Teil derselben ist in Aussicht genommen.

Der eigentliche Kesselraum des in den Abb. 2 u. 3 Bl. 18 dargestellten Kesselhauses ist 24 m lang und 14 m breit.

mit 300 qm Heizfläche. Als Speisewasser wird hauptsächlich das Kondenswasser der Heizungen benutzt, das aus den Gebäuden innerhalb des Fernheizkanals mit natürlichem Gefälle nach dem Kondensraum des Kesselhauses zurückgeleitet wird. Die Verbrennungsgase der Kesselheizung werden von zwei etwa 39,50 m hohen, den Kesselraum rechts und links flankierenden Schornsteinen von 2,40 m unterem und 1,60 m oberem lichten Durchmesser zugeführt.

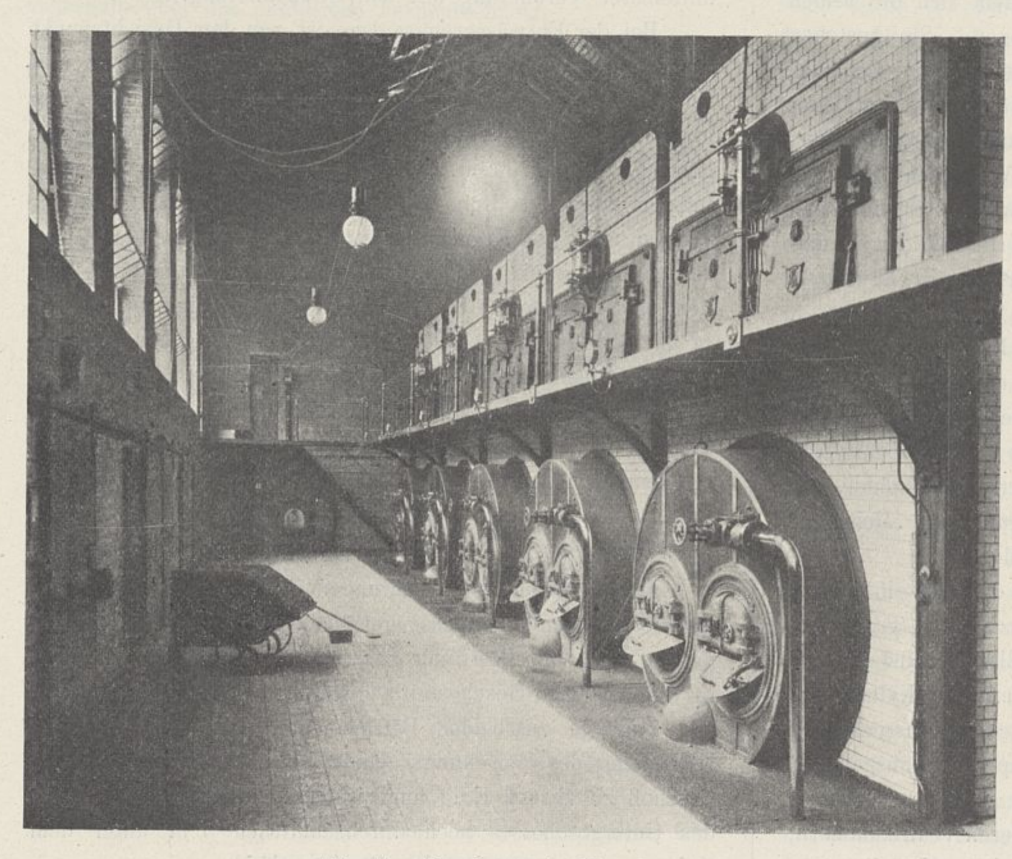


Abb. 44. Kesselraum im Kesselhause.

Den Giebelseiten des Kesselraumes sind Anbauten mit Keller- und Erdgeschoß vorgelagert, deren Räume die Warmwasserbereitungs- und die Kesselpumpenanlage, einen Korischen Verbrennungsofen, Werkstätten, Aufenthalts- und Baderäume für die Heizer und eine allgemeine Abortanlage aufnehmen. — An einer Längsseite des Kesselraumes schließen sich in ganzer Ausdehnung ein großer, unterirdisch gelegener und von oben durch Einschüttöffnungen zu beschickender Kohlenlagerraum und zwei Schlackenräume an, an der anderen Längsseite der durch eine breite Maueröffnung zugängliche, unterirdische Fernheizkanal, der in einigen Haupt- und verschiedenen Nebensträngen nach den obengenannten Gebäuden führt und fast nur unterhalb der an den letzteren vorbeiführenden Fußgängersteige liegt. Der

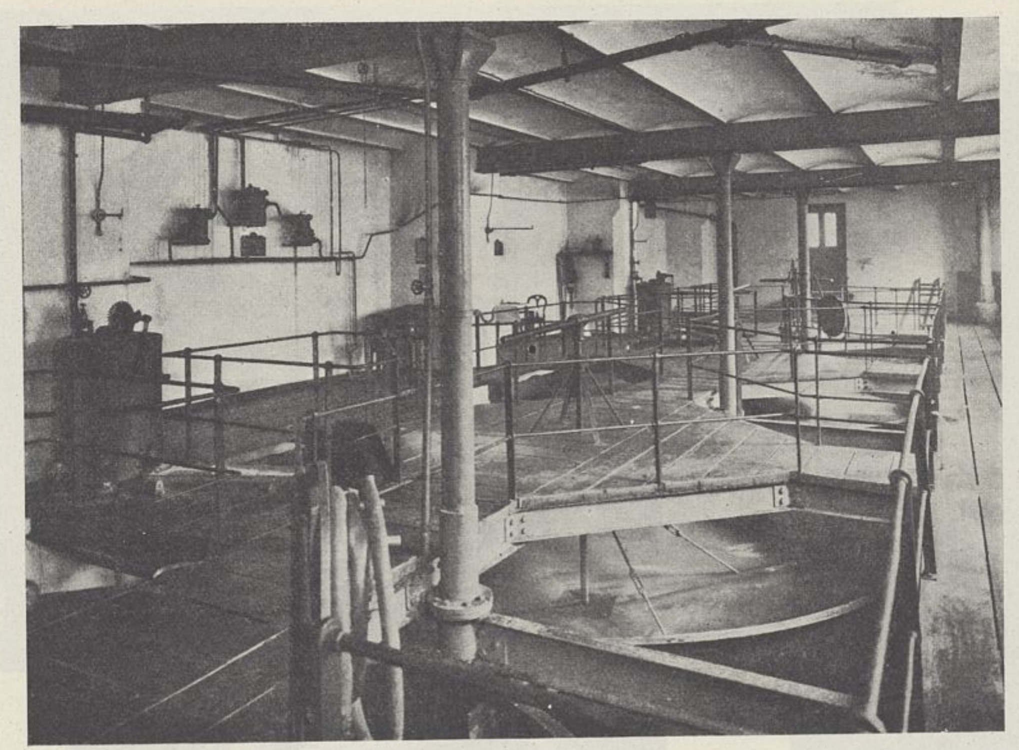


Abb. 45. Sielgrubenhaus. Innenansicht.

gemauerte Fernheizkanal hat nach Text-Abb. 43 und Abb. 4 Bl. 18 im allgemeinen eine Breite von 2 m und eine Höhe von 2 m und wird in Abständen von etwa 5 m durch 0,30×0,30 m große Deckenöffnungen beleuchtet, die mit Rohglasplatten in Eisenrahmen geschlossen sind. Er ist mit allen Gebäuden oder mit deren Ventilkammern im Keller durch offene Türen unmittelbar verbunden. In dem Kanal sind außer den Fern-Heizungs- und Warmwasserversorgungsleitungen auch die Kondensleitungen und die elektrischen Lichtleitungen frei zugänglich verlegt. Die Fernheizungsleitungen gehen von dem Dampfverteiler im Kesselraum aus, in dem sich die beiden Dampfsammler der Kesselanlage vereinigen. Sie bestehen 1. aus einer sog. Winterleitung für die Beheizung der Gebäude, den Betrieb der Sterilisatoren, Wärmeschränke usw. sowie der Kochküche während der Winterszeit, 2. aus der sog. Sommerleitung für den Betrieb der Sterilisatoren, Wärmeschränke usw. während der Sommerzeit und 3. aus einer nicht im Fernheizkanal verlegten Wirtschaftsleitung für den Betrieb der Waschküche während der ganzen Jahreszeit und der Kochküche in der Sommerzeit.

Der Dampf gelangt mit der vollen Kesselspannung von 6 Atm. in die Fernleitungen und wird erst in den Ventilkammern der Gebäudekeller auf den Betriebsdruck vermindert, und zwar für Heizung auf 0,1 Atm., für Entkeimungszwecke usw. auf 0,5 Atm. In den Ventilkammern findet dann, wie bereits erwähnt, die weitere Verzweigung der Heizungsleitungen nach den einzelnen Gebäudeteilen statt.

Die Warmwasserversorgung der an das Kesselhaus angeschlossenen Gebäude wird zentral durch zwei große, im Pumpenraum des Kesselhauses aufgestellte Schaffstaedtsche Gegenstromapparate bewerkstelligt, die mit der Kaltwasserleitung des Geländes oder der städtischen Wasserleitung verbunden sind. Die von den Gegenstromapparaten ausgehende Hauptwarmwasserleitung verzweigt sich in dem Fernheizkanal nach den einzelnen Gebäuden oder deren Ventilkammern, wo Wassermesser und Ventile für die weitere Verteilung in den Gebäuden selbst eingebaut sind. Die Hauptleitung steht außerdem in Verbindung mit zwei großen Warmwasserbehältern von je 12 cbm Inhalt auf dem Dachboden des Verwaltungsgebäudes, der höher als alle Verbrauchsstellen liegt. Hierdurch wird in den Warmwasserleitungen ein gleichmäßiger Druck und ein Ausgleich bei einer Ungleichmäßigkeit zwischen Verbrauch und Erzeugung des warmen Wassers herbeigeführt.

Wasserversorgung und Entwässerung des Krankenhauses.

Die Kaltwasserversorgung des Krankenhauses erfolgt von der Stadtwasserkunst durch mehrere Anschlüsse an die öffentlichen Leitungen in den umgebenden Straßen. Mit Rücksicht auf die erheblichen Druckunterschiede in der städtischen Leitung zu verschiedenen Tageszeiten, wodurch bei unmittelbarem Anschluß der Mischventile der Badewannen, Waschbecken usw. die Mischung von kaltem und warmem Wasser überhaupt in Frage gestellt würde, erfolgt die Zuleitung zu allen Zapfstellen in den Gebäuden mittelbar durch zwei große, auf dem Dachboden des Verwaltungsgebäudes aufgestellte Ausgleichbehälter, die von der Stadtwasserkunst gespeist werden und in den Hausleitungen einen jederzeit gleichmäßigen Druck erzeugen. Indessen stehen die Hydranten für Feuerlöschzwecke an mehreren geeigneten Stellen des Geländes wie die Gegenstromapparate im Kesselhaus in unmittelbarer Verbindung mit den Straßenleitungen.

Bei der Entwässerungsanlage ist von dem Gesichtspunkt ausgegangen, daß die Abwässer der Infektionspavillons und von allen sonstigen verseuchenden Betrieben ständig, alle übrigen Abwässer der von Kranken benutzten Gebäude nur gelegentlich vor ihrem Eintritt in das öffentliche Siel desinfiziert werden sollten. Alle Tagewässer sowie die Abwässer von den nicht von Kranken benutzten Gebäuden konnten jederzeit ohne Desinfektion dem öffentlichen Sielnetz zugeführt werden; ihre gesonderten Sielleitungen münden daher unmittelbar in das Straßensiel. Alle übrigen Sielleitungen gehen zunächst zu ihrer Desinfizierung nach dem Sielgrubenhaus, wobei sie aber an einzelnen Punkten vor dem Sielgrubenhaus durch Stellklappen in Kanalschächten auch umgeschaltet und unmittelbar mit den nach dem Straßensiel gehenden Leitungen verbunden werden können unter Ausschaltung der Desinfektionsanlage.

Das Sielgruben- und Desinfektionshaus.

Die Desinfektionseinrichtungen für die Sielwässer und für die unreinen Gebrauchsgegenstände sind in einem Gebäude, das in eine hohe Böschung eingebaut ist, vereinigt, aber hier in verschiedenen Geschossen vollständig voneinander getrennt. Die Zugänge zu beiden Betrieben sind der verschiedenen Höhenlage des Böschungsgeländes entsprechend in jedem Geschoß zu ebener Erde angeordnet, jedoch liegt die Sohle des Untergeschosses noch durchschnittlich 3 m unter dem tieferen, etwas ansteigenden Straßengelände.

In dem einheitlichen Raum des Untergeschosses sind, wie die Abb. 7, 8 u. 11 Bl. 18 zeigen, zur Desinfektion der Sielwässer vier zylindrische, offene Behälter aus Schmiedeeisen von 5,40 m Durchmesser und 1,20 m Höhe aufgestellt, die durch Überlaufrinnen miteinander in Verbindung stehen (Text-Abb. 45). Sie sind von kreuzförmig aus Bohlen hergestellten Brückengängen überdeckt, in deren Mitte für jeden Behälter ein Handrührwerk angebracht ist, um die den Bottichen durch ein Sielrohr zugeführten Abwässer mit einer Chlorkalklösung innig zu vermischen. Nach diesem Vorgang und einer mehrstündigen Einwirkung werden die Abwässer nach dem Straßensiel abgelassen. Der Desinfektionsbetrieb regelt sich nach den ungleichen Zeitabschnitten, innerhalb deren sich die Behälter, die nach Maßgabe des Höhenunterschiedes von 0,80 m zwischen Zu- und Abflußlinie je etwa 22,5 cbm Sielwässer fassen, nacheinander füllen.

Das dem Desinfektionsbetrieb für infizierte Gebrauchsgegenstände u. dgl. dienende obere Geschoß (Abb. 9 Bl. 18) ist durch eine geschlossene Mittelwand, in der zwei große Desinfektionsapparate und zwei Dampfkochfässer eingebaut sind, in eine reine und unreine Seite getrennt, die aber durch eine kleine Badeeinrichtung für den Desinfektor in einer gewissen mittelbaren Verbindung stehen.

Der geringe Umfang der Desinfektionsanlage entspricht der verhältnismäßig kleinen Notabteilung für Infektionskranke, die sonst hauptsächlich in den anderen Staatskrankenhäusern behandelt werden.

Die elektrischen Schwachstromanlagen.

Für sämtliche Gebäude des Krankenhauses ist eine eigene Fernsprechanlage mit Doppelleitung vorhanden, deren Zentrale im Kellergeschoß des Verwaltungsgebäudes untergebracht und für etwa 130 Sprechstellen eingerichtet ist. Diese Zentrale vermittelt auch den gesamten Sprechverkehr von und nach außerhalb über das öffentliche Fernsprechnetz.

Um den Kranken Gelegenheit zu geben, erforderlichenfalls durch Signale Hilfe herbeizurufen, ist in allen Krankengebäuden eine elektrische Klingelanlage hergestellt, die Zugkontakte in der Nähe der Decken besitzt mit einer langen herabhängenden und den Kranken leicht erreichbar zu machenden Zugschnur. Durch letztere wird eine Fallklappentafel auf dem Flur eines jeden Geschosses in Tätigkeit gesetzt, die am Tage ein Glockensignal, des Nachts ein Summersignal ertönen läßt.

Zur Sicherung des Krankenhauses bei Feuersgefahr ist von der Feuerwehr eine elektrische Feuermeldeanlage hergestellt mit den üblichen Feuermeldern, die in kleine Wandnischen an geeigneten, leicht zugänglichen Stellen der einzelnen Gebäude eingebaut sind.

Baukosten und Bauleitung.

Nach einer größeren Zahl von Senats- und Bürgerschaftsbeschlüssen, von denen die wichtigsten unter „Baugeschichtliches" erwähnt sind, wurde an Kosten bewilligt insgesamt

für den Bau	5 416 367,10 Mark,
für die innere Einrichtung	2 195 197,90 „
zusammen	7 611 565,— Mark.

Hierin ist die Bewilligungssumme für das Mediko-mechanische Institut im Betrage von 165 000 Mark, der auch die Ausführungssumme nahezu gleichkommt, nicht einbegriffen. Die Ausführungssummen bleiben im übrigen bei dem Bau um etwa 1 vH., bei der inneren Einrichtung um etwa 5 vH. hinter der Bewilligung zurück.

Zu den vorgenannten Summen kommen ferner die auf 216450 Mark veranschlagten Baukosten des noch im Bau begriffenen Fachwerkgebäudes für etwa 52 Infektionskranke und die Kosten der inneren Einrichtung desselben im Betrage von 62500 Mark, Summen, die von den Kriegsverhältnissen sehr ungünstig beeinflußt sind.

Nach den Bewilligungssummen ergeben sich bei einer Gesamtzahl von etwa 1570 Betten als Einheitskosten für das Bett

bezogen auf den Bau etwa	3405 Mark,
bezogen auf die innere Einrichtung etwa . .	1400 „
demnach bezogen auf die Gesamtkosten etwa	4805 Mark.

Unter Berücksichtigung des Fachwerkgebäudes für Infektionskranke stellt sich der Gesamteinheitspreis für ein Bett bei etwa 1620 Betten und einer Gesamtkostensumme von 7890515 Mark auf 4808 Mark. Dieses Ergebnis erscheint sehr günstig; es zeigt, daß bei dem Krankenhaus ein erheblich niedrigerer Betteneinheitspreis erzielt worden ist, als bei anderen neuzeitlichen Krankenhausbauten ähnlicher Art. Diese Tatsache ist für den Hamburger Staat um so erfreulicher, als das Krankenhaus, nachdem es nahezu vollständig neuerbaut ist, allen Anforderungen der Hygiene und neuzeitlicher Krankenhaustechnik in vollem Maß entspricht, auch mit vielen besonderen wissenschaftlichen Einrichtungen ausgerüstet ist. Wenn das günstige Ergebnis in erster Linie auch darauf zurückzuführen ist, daß bei der Bauausführung, unbeschadet der Würde der Anstalt, jeder Luxus und alle entbehrlichen Dinge vermieden, dagegen alle dem Zweck der Anstalt dienenden Einrichtungen in möglichst vollkommener Weise durchgeführt sind und der Bauraum überall in gründlicher Weise ausgenützt worden ist, so ist dasselbe doch auch durch die Baumarktlage und dadurch günstig beeinflußt worden, daß manche Ausgaben, wie z. B. für Einfriedigungen, z. T. auch für Regulierungen usw. des Krankenhausgeländes, nach Maßgabe des vorhandenen Zustandes ermäßigt wurden, daß ferner bei den Neubauten erhebliche Abbruchsstoffe, namentlich von Mauersteinen, verwendet werden konnten und dergleichen mehr. Aus diesem Grunde wird man die Einheitskosten für das Bett auch nicht ohne weiteres mit denen anderer Krankenanstalten vergleichen können, wie überhaupt eine Vergleichung immer nur unter Berücksichtigung vieler besonderer Umstände geschehen kann und stets nur auf einer gleichen, allerdings selten vorhandenen Grundlage erfolgen sollte, um die so häufigen und oft verhängnisvollen Trugschlüsse zu vermeiden.

Die Bauleitung lag von Beginn bis zum Schluß der etwa 17jährigen Bauausführung in den Händen des Verfassers, von dem auch die Entwürfe für die gesamte Neugestaltung des Krankenhauses aufgestellt worden sind. Als hauptsächlichste Hilfskräfte und örtliche Bauleiter standen dem Verfasser zeitlich hintereinander zur Seite die Regierungsbaumeister Schmidt, Ranck, Greiß, M. Mayer, Elckart, Härtling und Seeger. Die ingenieurtechnischen Anlagen wurden von der Heiztechnischen Abteilung unter Leitung des Baumeisters Kappmeyer, später des Bauinspektors Block, entworfen und ausgeführt.

Das Berliner Wohnhaus.

Beiträge zu seiner Geschichte und seiner Entwicklung in der Zeit der landesfürstlichen Bautätigkeit (17. und 18. Jahrhundert).

Mit einer Einleitung: Vom Berliner Wohnhaus im Mittelalter.

Von Albert Gut, Regierungsbaumeister a. D., in Charlottenburg.

(Mit Abbildungen auf Blatt 12 und 13 im Atlas.)

(Fortsetzung.)

IV. Die Zeit der Regierung Friedrichs II. (des Großen) 1740—1786.

a) Aus der Geschichte der Stadt und des Wohnhauses.

Unter Friedrich dem Großen ist Berlin Großstadt geworden. 90000 Einwohner (ohne 8000 Personen der Garnison) besaß die Stadt bei seinem Regierungsantritt. Einige Jahre während des Siebenjährigen Krieges ausgenommen, vergrößerte sich diese Zahl ständig und hatte im Jahre 1763 ausschließlich 19000 Mann Garnison (diese mit Frauen und Kindern gerechnet) 100000 Seelen erreicht und betrug im Todesjahr Friedrichs des Großen 147000 Seelen einschließlich 34000 Mann Garnison.

Im Jahre 1740 hatte Berlin 5400 Häuser besessen, im Jahre 1785 besaß es dagegen 6644, dazu noch 15 Tore, 36 Brücken, 268 Straßen und Plätze und 33 Kirchen. Die Stadt umfaßte bei einem Umfang von $2\,{}^1/_3$ Meilen einen Flächenraum von über 900000 Quadratruten.

Fast die Spanne eines halben Jahrhunderts hat der große König auf den Ausbau, die Erweiterung, Vergrößerung und Verschönerung seiner Residenzstadt verwenden können. Dafür war aber auch aus dem Berlin Friedrich Wilhelms I. beim Tode Friedrichs des Großen nicht nur eine große Stadt, es war auch daraus — trotz vereinzelter Einschränkungen — eine architektonisch schöne Stadt geworden. Ein solches Ergebnis war nur einer umfassenden und in jeder Weise großzügigen Fürsorge des Königs für die Stadt, die öffentliche Bautätigkeit und — nicht zuletzt — den Wohnhausbau zu verdanken. So viel auch sein Vorgänger schon in dieser Beziehung für Berlin getan hatte, so übertraf doch Friedrich II. selbst diesen noch.

Im Jahre 1745 wurde mit der unter Friedrich Wilhelm I. begonnenen Entfestigung Berlins fortgefahren, indem der König nunmehr auf der Berlinischen Seite die Wälle abtragen ließ, um eine weitere räumliche Ausdehnung der Stadt nach dieser Seite hin zu ermöglichen. Auch jetzt fehlte es wieder, wie schon angedeutet (S. 122), an jener Voraussicht, die bei der Führung der Straßen auf die zukünftige Entwicklung einer Welt- und Großstadt die gebührende Rücksicht genommen hätte.

Friedrich II. wendete seine Liebe wieder dem alten Felde königlich preußischer Baupolitik zu, der Dorotheen- und der Friedrichstadt. Insbesondere verdanken ihm die Linden, die bis dahin trotz aller Fürsorge ein mehr oder weniger ärmliches Aussehen behalten hatten, ihre Umgestaltung zu einer wirklichen Prachtstraße im architektonischen Sinne. Auf der einen Seite stellte er durch die Bebauung des zwischen der Lindenallee und dem Königlichen Schlosse belegenen Festungsgeländes überhaupt erst eine Verbindung zwischen diesen her, auf der anderen Seite sorgte er durch die Errichtung sowohl großartiger öffentlicher Bauten (Opernhaus, Bibliothek, Universität, Kunstakademie, Hedwigkirche usw.) als auch stattlicher Wohnhausbauten für eine architektonische Geschlossenheit dieser Verbindung.

Auf dem Friedrichstädtischen Markt, dem heutigen Gendarmenmarkt, wurden nicht nur das neue Komödienhaus und die beiden Gontardschen Kuppeltürme errichtet, sondern der König ließ vor allen Dingen ringsherum neue, stattliche Wohnhäuser erstehen.

Die Spandauer Vorstadt nahm ebenfalls, in erster Linie auch infolge der Einebnung der Festungswerke, eine bedeutende Entwicklung. Vor dem Hamburger und dem Rosenthaler Tor gründete der König im Jahre 1752 eine vollständig neue Vorstadt, die den Namen Neuvogtland erhielt.[88]) Während den Herrscher bei den vorher erwähnten Stadterweiterungen in erster Linie ästhetische Beweggründe geleitet hatten, waren bei der Anlage dieser neuen Vorstadt wirtschaftliche und geldliche Gesichtspunkte die treibenden Kräfte. Es handelte sich dabei um die Ansiedlung von Zimmer- und Maurergesellen aus dem sächsischen Vogtland (daher der Name), für welche in der Brunnenstraße, der Ackerstraße und der Bergstraße Häuser mit königlichen Baugeldern errichtet wurden. Je ein Haus war immer für zwei Familien bestimmt; auf diese Weise wurden in den Jahren 1752/53 nicht weniger als 120 Familien angesiedelt. Im Jahre 1770 folgte die Ansiedlung von ausländischen Gärtnerfamilien, die ebenfalls ihre eigenen Häuser erhielten. Aus der neuen Kolonie entstand in der Folgezeit eines der bekanntesten Arbeiterviertel Berlins.

Der Höhepunkt der Fürsorgetätigkeit Friedrichs des Großen für den Wohnhausbau fiel in die Zeit nach dem Siebenjährigen Kriege. Die zeitgenössischen Schriftsteller wissen ebenso wie die nach des Königs Tode erschienenen Werke eine große Zahl von Beispielen und Zahlen darüber anzuführen. In einem noch zu seinen Lebzeiten (1785) erschienenen Buche[89]) wird berichtet: „Der König hat in der Zeit von zehn Jahren auf 275 Häuser aufbauen lassen. Man sieht jetzt große Plätze, die sonst ganz frey waren, mit den schönsten Häusern besetzt . . .“ In einer im Jahre 1798 erschienenen Beschreibung Berlins[90]) heißt es: „Nach Verlauf der sieben furchtbaren Jahre dachte der König wieder auf die Verschönerung Berlins. Er ließ von 1769 bis 1777

88) Über die Geschichte des Vogtlandes vgl. Ed. Kuntze, Das Jubiläum vom Vogtlande oder Geschichte der Gründung und Entwicklung der Rosenthaler Vorstadt bei Berlin von 1755—1855 (Berlin 1855) sowie Frensdorff im Berliner Kalender 1905.

89) Freye Bemerkungen über Berlin, Leipzig und Prag. Original und Kopie. 1785.

90) Berlin, von seiner Entstehung bis auf die gegenwärtige Zeit historisch-geographisch beschrieben. Berlin, bei Wilhelm Dieterici, 1798.

in verschiedenen Straßen 149 Bürgerhäuser auf seine Kosten abbrechen, schönere dafür aufführen, und sie den Eigentümern zum Geschenk machen usw. . . . Die vom Könige seit 1780 bis 1785 für die Berlinischen Gebäude ausgesetzten Kosten betrugen überhaupt 1140300 Thlr." In den fünf Jahren von 1780—1785 gab der König allein einen Barzuschuß von 3000000 Mark zu den Bauausführungen der Residenz, wobei man auch noch die große Masse von Bauholz, Kalk und Steinen berücksichtigen muß, die alljährlich den Bürgern und Beamten für ihre Bauten auf königliche Kosten zur Verfügung gestellt worden sind.

Diese umfangreiche Tätigkeit Friedrichs des Großen auf dem Gebiete des Wohnhausbaues hatte auch ihre Schattenseiten. Von denen auf ästhetischem Gebiete wird noch die Rede sein (S. 272/273); von anderen berichtet z. B. der freimütige Verfasser des vorher erwähnten Buches vom Jahre 1785: „Die großen massiven Häuser, die der König statt der alten erbauen läßt, verschenkt er an die Eigentümer. Freilich ist es dem Zehnten nicht angenehm, ein so großes Haus zu bekommen, weil da natürlich mehr Mobilien, und im Winter mehr Holz erfordert wird, hingegen können sie auch mehr Miete aus so einem Hause ziehen."

Die planmäßig betriebene Mietesteigerung aus gewinnsüchtigen Gründen scheint damals zum erstenmal in größerem Umfange versucht worden zu sein. Durch den Siebenjährigen Krieg war die Bautätigkeit gewaltig zurückgegangen. Nach dem Kriege setzte ein Geschäft mit Häusern ein, die von gewissen Kreisen zu dem Zweck aufgekauft wurden, um die Mieten beim Besitzwechsel in die Höhe zu schrauben, denn Kauf brach die Miete. Da aber griff der König selber ein. Durch einen Erlaß vom Jahre 1765 wurde bekanntgegeben, daß der König „nicht gemeinet, eine längere, den sich von ihren Häusern einen übertriebenen Wert einbildenden Eigentümern am Ende selbst nachteilige Nachsicht zu gestatten." Diese Bekanntmachung wurde sogar von den Kanzeln verlesen. Aber damit begnügte sich der König noch nicht, sondern er ließ, um der Wohnungsnot zu steuern, den Grundsatz „Kauf bricht Miete" einfach aufheben und reiche Leute, die ein Haus allein bewohnten, auffordern, Mietleute aufzunehmen. Für die Miete wurde ein Satz von fünf vH. vom Wert der Häuser festgesetzt.[91])

Auch in das gesamte Bauwesen wurde Ordnung gebracht. In einer Order vom 26. April 1749 an das Gouvernement von Berlin wurden genaue Vorschriften darüber erlassen, „welchergestalt alles hinfüro gehalten werden solle, wenn Einwohner daselbst bauen". Es wurde verfügt, daß jeder, der die Absicht habe, eine wüste Stelle zu bebauen oder auch ein altes Haus einzureißen und statt dessen ein neues zu errichten, sich vorher „bei dem Gouvernement und Policey-Directorio" zu melden habe, „damit er Platz und Riß, wo gebauet werden will, gehörig examiniret". Wollte jemand von Seiner Majestät Baustoffe erbitten, so mußte das Gouvernement nach der Prüfung der Risse erst ein Attest über die benötigten Stoffe ausstellen, den Bau selbst überwachen und dafür Sorge tragen, daß die bewilligten Baustoffe auch zu dem beantragten Zwecke verwendet wurden. Zu der bisher schon benötigten Baugenehmigung trat also zum erstenmal die Überwachung des Baues selbst während und nach der Ausführung. Diese besondere Aufsicht über die Immediatbauten hat sich bis heutigen Tages noch insofern erhalten, als an den mit königlicher Unterstützung errichteten Wohnhausbauten auch heute keine baulichen Änderungen vorgenommen, geschweige denn die Häuser abgerissen werden dürfen ohne ausdrückliche königliche Genehmigung.

Für diejenigen Bauten, welche nicht Immediatbauten waren, gab es, wenn nur die üblichen Fenster-, Trauf- und sonstigen Gewohnheitsrechte, allenfalls noch die Bestimmungen der Feuerordnung berücksichtigt wurden, nach wie vor keinerlei einschränkende Bestimmungen. Aber da man ja nicht das Bedürfnis fühlte, Wolkenkratzer zu bauen, brauchte man es auch nicht zu verbieten. Auch die Zahl der vierstöckigen Wohnhäuser wäre sicherlich ganz bedeutend kleiner gewesen, wenn nicht die große Zahl der verschiedenartigen, verlockenden königlichen Unterstützungen oder der ausdrückliche königliche Befehl dahinter gesteckt hätten. Das weltstädtische Aussehen, das mit diesen vierstöckigen Häusern Berlin verliehen werden sollte, ließ dafür in mancher anderen Hinsicht noch stark zu wünschen übrig. In der im Jahre 1784 erschienenen „Charakteristik von Berlin" und in dem im Jahre 1788 erschienenen „Schattenriß" kann man z. B. nachlesen, daß es in der Residenzstadt des großen Preußenkönigs auch Gassen gegeben hat, in denen man im Schmutz und Schlamm stecken bleiben konnte, in denen die Misthaufen vor den Häusern lagen und die Häuser so baufällig waren, daß sie gestützt werden mußten. Um solches zu erleben, durfte man Berlin allerdings nicht vom Brandenburger Tor aus betreten. Aber derartige Ausstellungen kritisch veranlagter Zeitgenossen, die es noch zu allen Zeiten gegeben hat, werden niemals imstande sein — mag auch im einzelnen ihre Berechtigung nicht abgestritten werden — den großen Zug, der durch die Bautätigkeit Friedrichs des Großen ging, zu verkleinern. Sie können nicht verhindern, daß wir dem unwiederbringlich verlorenen friderizianischen Berlin, dessen äußere Gestalt im folgenden Abschnitt geschildert werden soll, in stiller Wehmut eine Träne nachweinen.

b) Die Gestaltung des Äußeren.

Die völlige Umgestaltung des baulichen Ausdrucks, den die Wandungen vieler Straßen, besonders der Hauptstraßen, in der Zeit Friedrichs des Großen durchmachten, war u. a. darauf zurückzuführen, daß in jener Zeit die vierstöckige Wohnhausfassade ihren Siegeszug begann. Während die meisten Straßen bisher fast nur zwei- und dreistöckige Häuser aufzuweisen hatten, wurde es nunmehr sehr bald zur Regel, den Häusern mindestens drei, meistens vier Geschosse zu geben. Daß der König die Errichtung vierstöckiger Gebäude außerordentlich begünstigte, hing damit zusammen, daß er Berlin zu einer europäischen Weltstadt machen wollte, ein Plan, der ihm ja auch gelungen ist; denn bei seinem Tode wurde die Stadt nur durch London (800000 Einwohner) und Paris (600000 Einwohner) bedeutend, durch Amsterdam und Wien (rund 200000 Einwohner) nicht erheblich an Größe übertroffen, während Madrid und Rom etwa auf gleicher Stufe standen (vgl. S. 243). Zu diesem Weltstadtgepräge

91) Gretzschel, Das Wohnungswesen, S. 584.



Abb. 75. Lindenfries.

aber paßten nicht die zum Teil recht unscheinbaren Häuschen aus früheren Zeiten. Standen doch selbst in der Straße Unter den Linden noch solche niedrigen kleinbürgerlichen Häuser. Den großartigen öffentlichen Gebäuden, die der König am östlichen Ende dieser Straße hatte errichten lassen (S. 244), sollten sich auch die Wohnhausbauten am westlichen Teil würdig anschließen. Deshalb wurden die Anlieger veranlaßt, ihre alten Häuser niederzureißen und an ihrer Stelle mit königlicher Unterstützung drei- und vierstöckige Neubauten zu errichten. Weigerte sich einer der Eigentümer, so wurde das Haus wohl auch zwangsweise niedergerissen und durch ein vierstöckiges ersetzt, das der König dem Betroffenen dann nicht selten zum Geschenk machte. Nicolai[92]) berichtet: „In den Jahren 1771 bis 1776, ließ der jetzige König in dieser Straße, 44 Häuser abtragen, und meistens vier Geschoß hoch, auf seine Kosten wieder aufbauen.“ Das Ergebnis solcher Tätigkeit vermittelt uns am besten der etwa 40 bis 50 Jahre später, um das Jahr 1822 entstandene „Lindenfries“, aus dem ein Ausschnitt in den Text-Abb. 75 u. 76 (letztere besonders lehrreich) wiedergegeben ist.[93])

Wie sehr Friedrich der Große bei seinen Immediatbauten dreistöckige und vor allem vierstöckige Häuser bevorzugte, dafür lassen sich heute noch zahlreiche Belege anführen. Die Königstraße z. B. besaß ebenfalls noch eine große Zahl meistens zwei- und teilweise dreistöckiger Häuser, trotzdem sie schon lange zu den wichtigsten Straßen Berlins zählte. Von einer ganzen Reihe dieser Häuser sind im Geheimen Staatsarchiv noch Zeichnungen vorhanden; aus handschriftlichen Vermerken geht hervor, daß die Häuser durch den Architekten Boumann daraufhin untersucht worden sind, ob die Fundamente und Mauern stark genug wären, um eine Erhöhung der Fassaden auf vier Geschosse tragen zu können.[94]) Die Häuser, die Unger am Dönhoffplatz auf königliche Kosten errichtete, hatten durchweg vier Stockwerke. Diejenigen am Gensdarmenmarkt[95]), die zum größten Teil derselbe Künstler, zum Teil auch Gontard erbaute, besaßen zwar nur drei Geschosse, dafür wurden wieder am Hackeschen Markt drei- und vierstöckige Fassaden errichtet. Die bekannten Straßenbilder, die uns die Stiche Rosenbergs[96]) aus dem friderizianischen Berlin vermitteln, zeigen fast durchweg Häuserfassaden von drei und vier Stockwerken. Daß die dort dargestellten Wohnhausbauten meistens aus der Zeit Friedrichs des Großen stammen, läßt sich leicht an ihrer architektonischen Behandlung und Ausgestaltung erkennen, die nunmehr im einzelnen besprochen werden soll.

Bei verschiedenen Gebäuden, die zur Erläuterung der stilgeschichtlichen Wandlungen, denen die Berliner Wohnhausfassade am Ende des Zeitabschnittes unter der Regierung Friedrich Wilhelms I. unterworfen war, als Beispiele herangezogen worden sind, ist schon darauf aufmerksam gemacht worden, daß Einzelheiten und Einzelformen eine andere Sprache zu reden begannen, daß die Zeit der Rokokokunst die ersten Töne auf den Saiten ihres neuen Instrumentes erklingen ließ. Trotzdem waren und blieben jene Bauten Äußerungen einer barocken Kunst; die kräftigen, vollblütigen Gesimse, die saftigen Schattenwirkungen aller Glieder, auf denen der Nachdruck der Gesamtkomposition lag, hatten barockes und kein Rokokoempfinden, mochten die Bauten auch zeitlich zum Teil die Grenzen schon etwas überschritten haben. Der Rokokostil machte sich bei den Wohnbauten aber schon bald nach dem Beginn der Regierung Friedrichs des Großen be-

92) Nicolai a. a. O. S. 174.

93) Die Straße Unter den Linden um das Jahr 1822. Mitteilungen des Vereins f. d. Geschichte Berlins, 1908, Nr. 4; daselbst ist der ganze, über 7 m lange Fries abgebildet.

94) Boumann stellte fest, daß bei einzelnen Häusern die Grundmauern zu schwach, bei anderen die Fensterpfeiler zu schmal waren, um ein viertes Geschoß tragen zu können.

95) Über die Geschichte des Gendarmenmarktes vgl. Borrmann im Berliner Kalender 1903. Die Medaille auf den Turmbau auf dem Gendarmenmarkt von Koppin zeigt noch die alte Umgebung der Kirche vor Erbauung des Kuppelturmes durch Gontard.

96) Originalzeichnungen in der Bücherei des Berliner Magistrats.


53 52 51 50 49 48 47

Abb. 76. Lindenfries.

merkbar. Es war jedoch nur eine verhältnismäßig kleine Gruppe von Bauten, die in ausgesprochener Weise der neuen Stilwandlung Rechnung trug. Unter der großen Masse der übrigen Bauten, besonders unter den bescheideneren, gab es viele, die sich, ähnlich wie es gerade unter Friedrich Wilhelm I. besonders häufig der Fall gewesen war, lediglich mit einer einfach profilierten Fensterumrahmung, ja sogar oft mit glatt in die Wandfläche eingeschnittenen Fensterlöchern begnügte. Meistens ist es bei diesen bescheidenen Bauten nur die Haustüre, die in der geschwungenen Linienführung ihrer Profile den Zeitpunkt der Entstehung verrät. Hin und wieder auch wird ein einzelnes Fenster oder die Türumrahmung durch wenige, in den üblichen Formen des Rokokostiles gehaltene Ornamente ausgezeichnet. Letzteres ist z. B. der Fall bei dem jetzt abgerissenen Hause Waisenstraße 28



Abb. 77. Waisenstraße 28 (abgerissen).

(Text-Abb. 77)[97]), das aus dem Jahre 1768 stammte und im ersten Stock die geschilderten einfachen Fensterumrahmungen, im Erdgeschoß die ohne jede Verzierung in die Mauerfläche eingeschnittenen Fenster besaß.

Es lag im Wesen des Rokokostils, daß seine Formen nur allmählich und verhältnismäßig selten in die Fassadenarchitektur Eingang fanden. Als Möbelstil und Stil für Innenräume geboren, eigneten sich seine Ausdrucksmittel wohl für dekorative Flächenkunst vorzüglich, bei der Verwendung an den Hausfassaden konnten sie jedoch zu einer wirklich architektonischen Wirkung nie gesteigert werden. Der Stil betrachtete daher auch überall da, wo er seine Eigenart nicht verleugnet hat, die Hauswandung lediglich als eine geeignete Unterlage, auf der er sich ausbreiten konnte, vermied dabei fast jede architektonische Gliederung und die Verwendung starker Gesimse, vorspringender Fensterverdachungen und ähnlicher Gebilde, die einen kräftigen Schattenschlag hätten hervorrufen können. Wo dies aber nicht der Fall war und man auf die eben erwähnten und ähnliche in der Vergangenheit bewährte Gestaltungsmittel zurückgriff, beschränkten sich seine besonderen Äußerungen auf einzelne architektonische Zutaten, nämlich ornamentale Verzierungen wie die besonders bezeichnenden Muschelgebilde und Schnörkel, Blumen- und Blätterzweige, Girlanden, Konsolen, Voluten, hängende Tücher usw., die manchmal nur an einzelnen hervorragenden Stellen Verwendung fanden, an anderen Bauten aber wieder in großer Zahl gehäuft wurden. Schließlich gab es noch eine Gruppe von Bauten, die auch diese Merkmale nicht einmal aufwiesen, bei denen man sogar eine Gliederung durch Wandpfeiler oder Pilaster nicht verschmähte, und nur die Treppenhäuser oder einzelne Innenräume die eigenartigen Rokokoformen zeigten. Und doch lassen sich auch diese Fassaden durch die eigenartige Zierlichkeit der Formen und die spielerischen,

97) Die Text-Abb. 77, 82—85, 87, 90, 91, 94—98, 103, 104, 107, 109, 110, 115—117, 120, 122—126, 129, 130, 135 u. 137 sind nach Aufnahmen der Königl. Meßbildanstalt in Berlin gefertigt.

leichten Verhältnisse der Säulenordnungen von ähnlichen Fassadengestaltungen früherer Zeiten leicht unterscheiden.

Es sind somit im wesentlichen drei Gruppen, die sich in jener ersten Zeit Friedrichs des Großen von einander scheiden.

Ein Beispiel für die erste Gruppe, die nach dem Vorgesagten den besonderen Eigenheiten des Stils zwar am meisten gerecht wird, aber rein architektonisch am wenigsten befriedigt, ist das Haus Roßstraße 16 (Text-Abb. 78). Außer dem Hauptgesims versteigt sich die architektonische Ausgestaltung allenfalls zu einigen flau profilierten Fensterumrahmungen und Sohlbänken, während der Nachdruck auf den flächenhaften Muschel- und Rankengebilden liegt, die die Wand des Hauses bedecken.

In einer sehr verbreiteten Form ist das Ornament der Muschelgebilde bei den Häusern Petristraße 19 und 20 verwendet (Text-Abb. 82). Außer ein paar Gurtgesimsen und ganz einfachen Fensterumrahmungen bilden sie den einzigen Schmuck der einfachen Häuser.

Auch das Haus Jüdenhof 9 (Text-Abb. 84) hat ganz verwandte Fensterumrahmungen in beiden Geschossen, von denen einige im Erdgeschoß am Sturz kennzeichnende Rokokoornamente zeigen. Mit seinem schlichten architektonischen Anstand vermittelt dieses Gebäude noch einmal vorzüglich den vortrefflichen Eindruck eines einfachen Bürgerhauses jener Zeiten, wie es sich auf der Überlieferung aus den vorhergehenden Zeitabschnitten aufgebaut hat (vgl. z. B. Abb. 48 u. 50).

Abb. 78. Roßstraße 16.

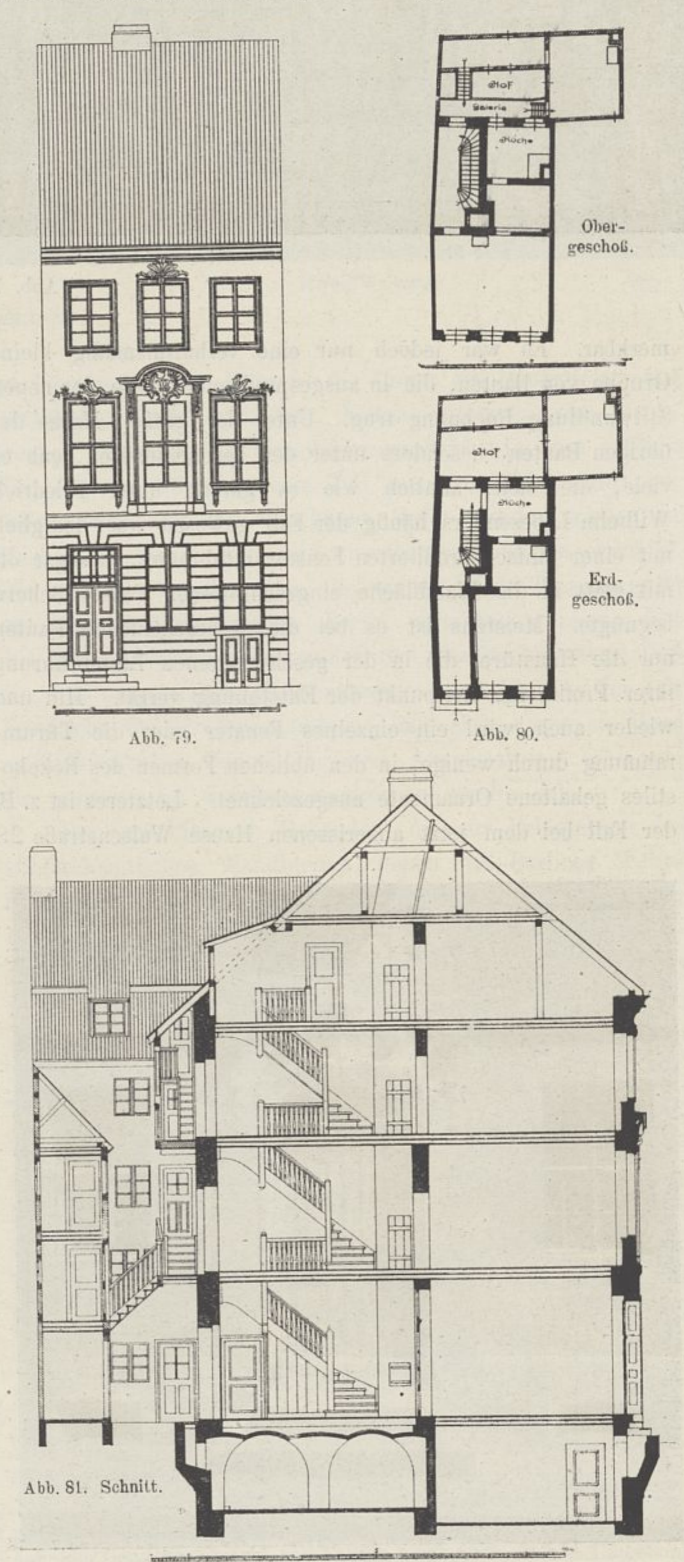


Abb. 79. Abb. 80.

Abb. 81. Schnitt.

Abb. 79—81. Schornsteinfegergasse 7.



Abb. 82. Petristraße 19 u. 20 (Nr. 19 rechts).

Abb. 83. Landsberger Straße 49.

Das Haus Landsbergerstraße 49 (Text-Abb. 83) gehört zur zweiten Gruppe. Eine architektonische Gliederung fehlt nach wie vor, dagegen versucht man durch vereinzelte Verwendung kräftigerer Gesimse — in diesem Falle über den Fenstern des ersten Geschosses — etwas mehr Schattenwirkungen zu erzielen. Einige auf die hervorragendsten Stellen verteilte Rokokoornamente kennzeichnen die Entstehungszeit des Hauses.



Abb. 84. Großer Jüdenhof 9.

In noch bescheidenerer Weise sind diese Grundsätze beim Hause Schornsteinfegergasse 7 (Text-Abb. 79) durchgeführt. Während vorher, der gelagerten Erscheinung des Hauses entsprechend, die wagerechte Achse, betont war, liegt hier entsprechend der Hauptrichtung des dreistöckigen Dreifensterhauses der Nachdruck mehr auf der senkrechten Mittelachse.

Auch größere Wohnhausfassaden wurden in derselben Weise behandelt, wie das Haus Alte Jakobstraße 70 zeigt (Text-Abb. 85). Bei der stattlichen Front von sieben Achsen konnte man es wagen, sowohl eine wagerechte Achse im ersten Stockwerk wie auch eine senkrechte in der Mitte zu betonen.

Die dritte Gruppe dieser Bauten, die sich von der äußerlichen Formensprache des Rokoko fast vollkommen frei macht, geht auf eine Gliederung der Fassadenflächen durch Wandstreifen und Pilaster aus und steht dadurch in schroffem Gegensatz zu den beiden ersten Gruppen. Das abgebrochene Haus Kleine Stralauerstraße 4 (Text-Abb. 87) stammt aus dem Jahre 1763.[98]) Die architektonische Aufteilung der Fassadenfläche ist durch einfache Wandstreifen erreicht. In den Zwischenfeldern sitzen die Fenster, die in der gleichen Weise, wie vorher wiederholt angedeutet, ausgebildet sind.

98) Einzelne Bauteile sind beim Abbruch der Kunstgewerbeschule überwiesen worden.



Abb. 85. Alte Jakobstraße 70.

Eine Aufteilung durch korinthische Pilaster hat das Mittelfeld des Hauses Kupfergraben 7 (Text-Abb. 90). Das an den Stil Knobelsdorffscher Bauten erinnernde vornehme Wohngebäude ist leider nicht mehr ganz in der ursprünglichen Ausführung erhalten. Die Formenkunst des Rokokostils beschränkt sich, abgesehen von der Verfeinerung der Profile usw., im Äußeren fast nur auf das in den entsprechenden Formen gehaltene schmiedeeiserne Gitter der Freitreppe.

Der glänzendste Bau jener Zeit jedoch und vielleicht das schönste aller heute noch stehenden Wohngebäude Berlins aus früherer Zeit ist das Haus Poststraße 16 (Text-Abb. 91).[99] Der abgerundete Mittelbau und die beiden seitlichen Risalite werden durch korinthische Pilaster gegliedert. Die Formensprache des Rokoko äußert sich wieder in erster Linie durch die überaus reichen, früher vergoldeten Schmiedearbeiten der Balkonbrüstungen. —

Der Siebenjährige Krieg bildete nicht nur für das Kultur- und Geistesleben Berlins einen bedeutungsvollen Einschnitt, sondern auch für die Kunst und die Architektur im besonderen, für die letztere auch auf dem Gebiet des Wohnhausbaues. Dieser Einschnitt macht sich schon um dessentwillen so stark bemerkbar, weil die Fürsorgetätigkeit Friedrichs des Großen, die sich vor dem Siebenjährigen Kriege in erster Linie Potsdam und weniger Berlin zugewendet hatte, nun erst durch die massenhafte Errichtung von Immediatbauten

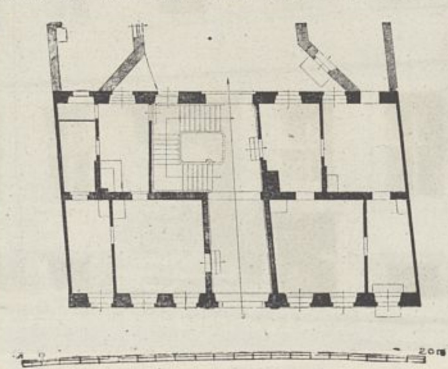


Abb. 86. Alte Jakobstraße 70.

99) Genauere Geschichte bei Borrmann a. a. O. S. 415 und im „Bär“ 1884, Nr. 6.

Abb. 87. Kleine Stralauer Straße 4 (abgerissen).

Abb. 88. Kleine Stralauer Straße 4.

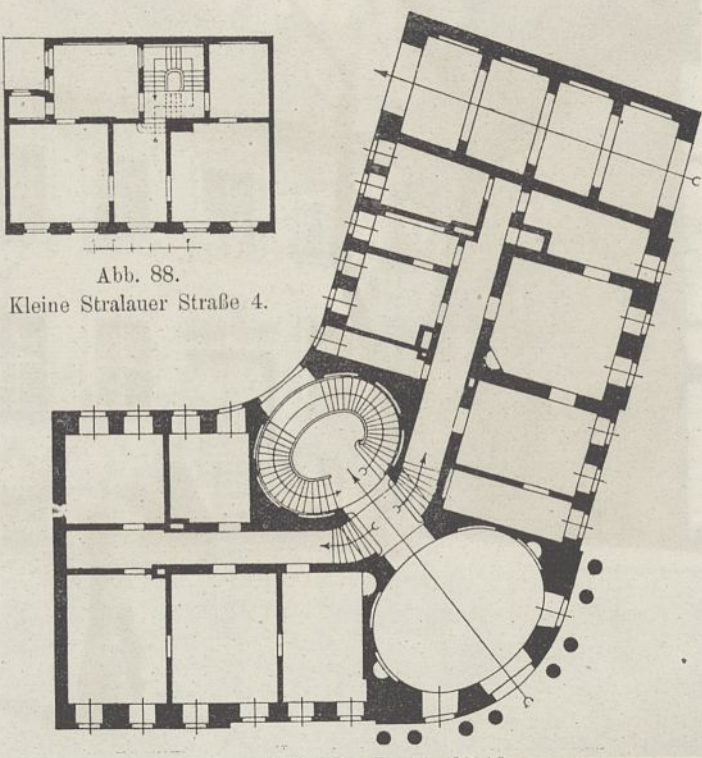


Abb. 89. Poststraße 16.

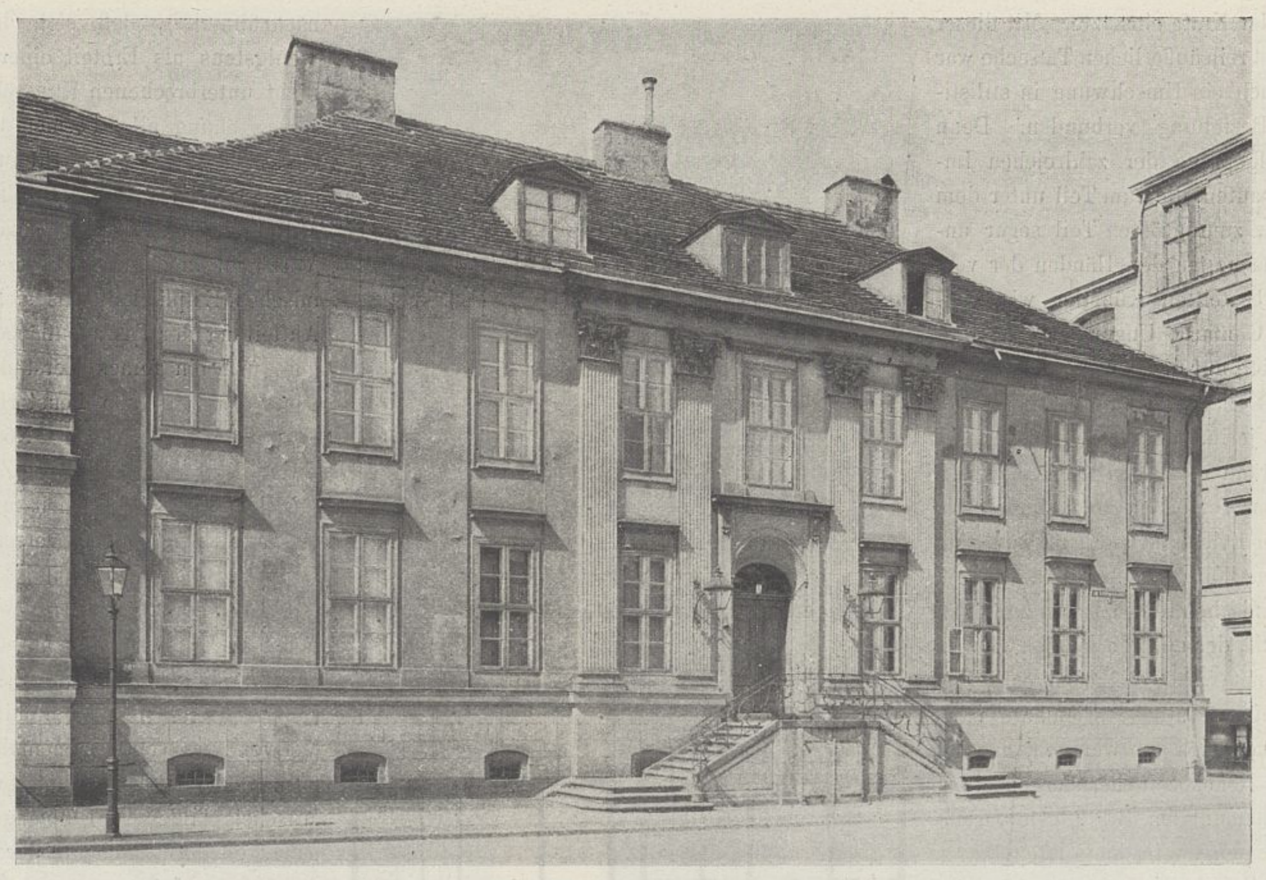


Abb. 90. Kupfergraben 7.



Abb. 91. Poststraße 16.

mit voller Kraft einsetzte. Mit dieser zunächst rein äußerlichen Tatsache war aber auch ein Umschwung in stilistischer Beziehung verbunden. Denn das Stilgepräge der zahlreichen Immediatbauten, die zum Teil unter dem Einfluß, zum größten Teil sogar unmittelbar unter den Händen der vom König bestellten Künstler wie Boumann, Gontard, Unger usw. entstanden, übte auf die übrige private Bautätigkeit eine Wirkung aus, die größer war als je in früheren Zeiten. Dieses Stilgepräge aber hatte keineswegs mehr das reine Rokokoempfinden wie vor dem Kriege, sondern verband sich mit den Formen des italienischen, palladianischen Klassizismus zu einem Mischstil, der mit dem Namen „Zopf" bezeichnet wird. Während es zuerst noch mehr barocke Elemente sind, mit denen sich die wenigen, aus der kurzen Rokokozeit herübergenommenen ornamentalen Bildungen verbinden, neigen sie in den letzten Jahren dieses Zeitabschnittes immer mehr einem rein klassischen, antiken Gepräge zu, so den Übergang zu dem Neuklassizismus des nächsten Zeitabschnittes bildend.

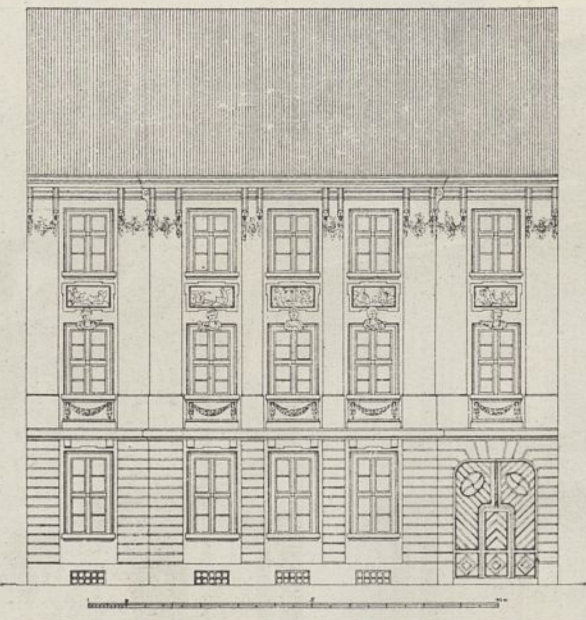


Abb. 92. Rosenstraße 12 (abgerissen).

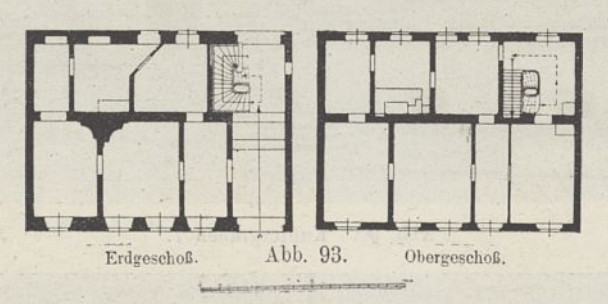


Abb. 93.

Der Berliner Zopfstil hat sich manche absprechende Kritik gefallen lassen müssen; sie entbehrt insofern nicht jeder Berechtigung, als seine Formen oft außerordentlich trocken und kraftlos sind und die Fassaden durch die ständige Wiederholung gewisser Ziermöglichkeiten in ihrer Wirkung manchmal bis zur Langweiligkeit herabsinken. Aber auch die langweiligsten unter ihnen stehen immer noch über dem Durchschnittsergebnis, das ein 19. und 20. Jahrhundert auf diesem Gebiete hervorbringen sollte. Denn wenn man jenen Fassaden mit Recht nachrühmt[100]), daß sich in ihnen wenigstens als Erbteil einer langen, nicht unterbrochenen Kunstübung die Beherrschung aller Formen und Mittel, ein festes Stilgefühl und eine sichere Berechnung der plastischen Mittel aussprach, so kann man diesen Vorzügen noch ein starkes rhythmisches Empfinden, das sich in der Aufteilung der Fassadenflächen kundgab, und ein feines Verständnis für das Verhältnis von Fensterloch zur Wandfläche hinzufügen. Noch heute weist Berlin eine große Zahl von Fassaden aus jener Zeit auf. Sie lassen sich nach vier verschiedenen Gruppen gliedern.

Die erste Gruppe weist die meisten Erinnerungen an die vergangene Rokokozeit auf. Sie äußern sich nicht nur in der unmittelbaren Verwendung von ornamentalen Zierformen der Rokokokunst, wie den Muschelgebilden, Blumengewinden usw., sondern auch in der starken Anhäufung der verschiedensten Zierformen, ohne daß ihre Zahl durch eine großzügige Linienführung oder eine architektonische Teilung der Fassadenfläche zusammengefaßt wäre. So wirken diese Zierrate meistens nur angehängt oder aufgeklebt, weil sie sich keinem großen architektonischen Gedanken unterordnen.

Bei der Fassade des Hauses An der Fischerbrücke 2 (Text-Abb. 55) macht sich dieser Mangel noch nicht bemerkbar, weil sich die Verteilung des Ornaments auf die Bogenfelder über den Fenstern des ersten Stockwerks beschränkt.

Das „Haus mit dem Löwen", Jüdenstraße 22 (Text-Abb. 95), zeigt dagegen die erwähnte Anhäufung der Zier-

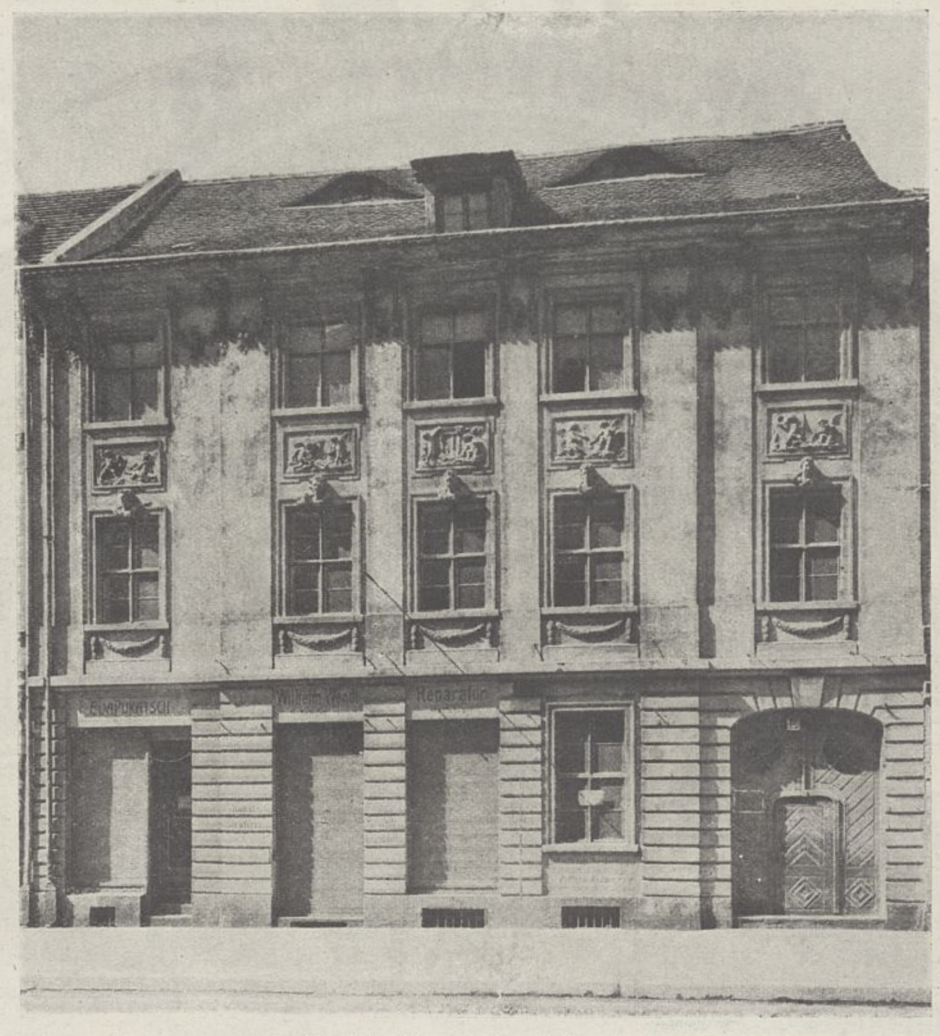


Abb. 94. Rosenstraße 12 (abgerissen).

100) Borrmann a. a. O. S. 418.



Abb. 95. Jüdenstraße 22.



Abb. 96. Breitestraße 5.



Abb. 97. Poststraße 15.



Abb. 98. Rosenthaler Straße 37.

formen. Die verschiedenartigen Muschelgebilde über den Fenstern und die Blumengewinde in den Füllungen unter den Fenstern des zweiten Obergeschosses haben noch Rokokogepräge, die Formen der hängenden Tücher (die von jetzt ab fast an jeder Fassade wiederkehren) und vor allem die Lorbeer- und Eichenblattgewinde über den Fenstern des ersten Stockwerks atmen dagegen schon antikes Empfinden. Das Erdgeschoß wird gern — das beweisen auch die folgenden Beispiele aus dieser Gruppe — durch Quaderungen hervorgehoben, wie dies zur Barockzeit schon einmal üblich gewesen war.

Bei dem Hause Parochialstraße 31 (Text-Abb. 21, ganz links) überwiegen bereits die antiken Elemente. Zu diesen gehören auch die hängenden Girlanden, die hier schon in dreifacher Reihe auftreten und von nun an mit den hängenden Tüchern, die übrigens eine durch die Bogenfelder bedingte abweichende Form erhalten haben, in der Häufigkeit der Verwendung wetteifern.

Ein anderes, häufig verwendetes Motiv, nämlich Felder mit figürlichen Darstellungen, besitzt das Haus Rosenstraße 12 (Text-Abb. 92 und 94). Es hat eine starke Verwandtschaft mit der vierten hier zu besprechenden Gruppe, einmal durch die Köpfe an den Fenstersturzen des ersten Stockwerks, welche die Schlußsteine ersetzen, vor allem aber durch die Teilung der Fassade durch

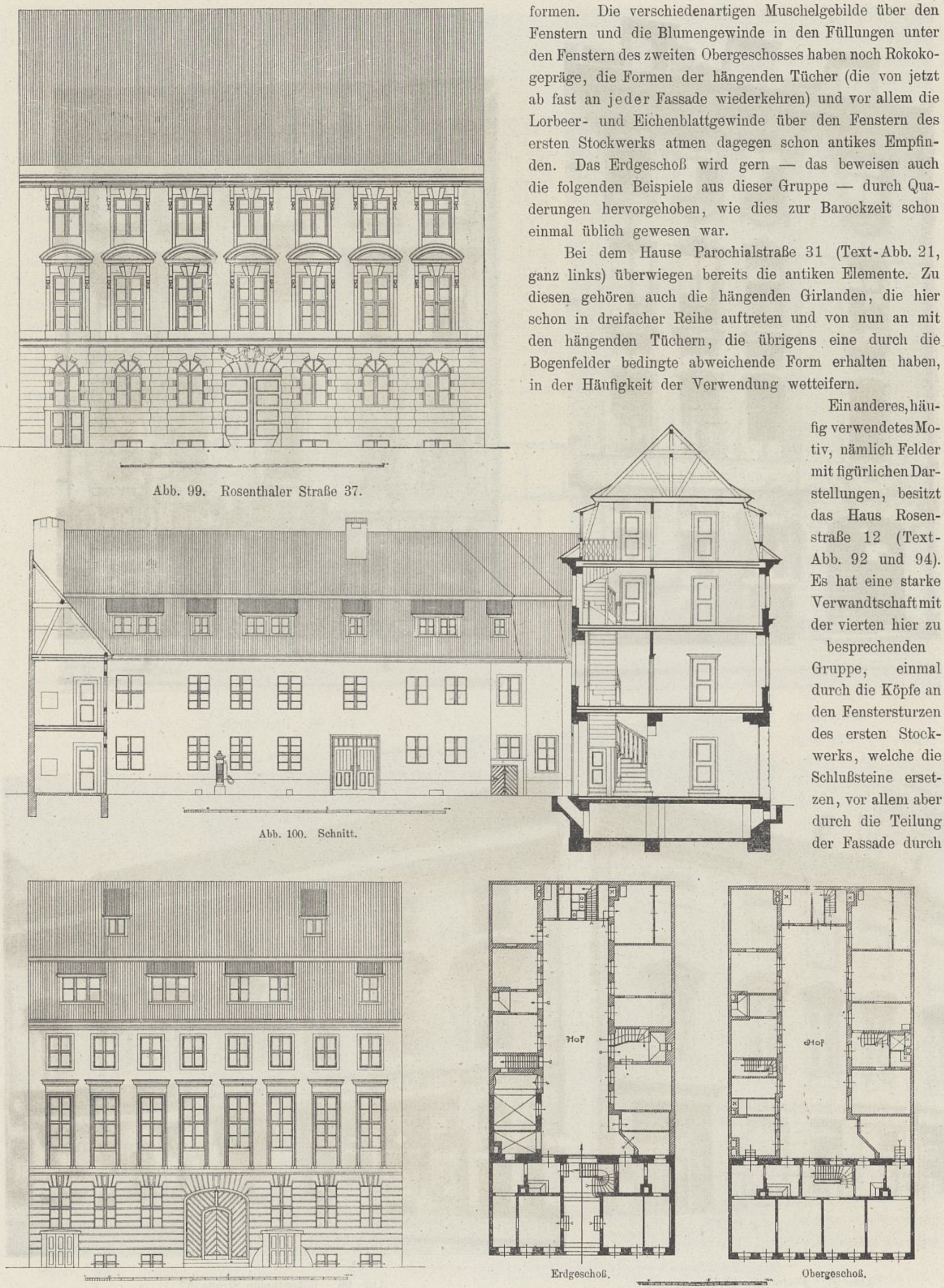


Abb. 99. Rosenthaler Straße 37.

Abb. 100. Schnitt.

Abb. 101. Ansicht.

Erdgeschoß. Obergeschoß.

Abb. 102.

Abb. 100—102. Kreuzstraße 15.



Abb. 103. Niederlagstraße 1—3 (Nr. 1 rechts).

pilasterähnliche Wandstreifen. Durch diese architektonische Gliederung treten die ornamentalen Einzelheiten mehr zurück, ein Vorzug, durch den sich dieses Haus vor den vorher genannten auszeichnet.

Bei den bisher besprochenen Fassaden lag der Nachdruck auf dem angehäuften schmückenden Zierrat; die Bauten der zweiten Gruppe suchen dagegen unter starker Anlehnung an die vergangene Barockzeit in mehr architektonischer Weise durch kräftige Deckgesimse über den Fenstern in wagerechter, dreieckiger, geschwungener, seltener gebrochener Form zu wirken. Fast immer sind es die Fenster des ersten Stocks, die in dieser Weise hervorgehoben werden (bei vierstöckigen Fassaden tritt auch das zweite Stockwerk manchmal noch hinzu), während sich die Fenster der übrigen Stockwerke meistens mit einer einfachen, profilierten Umrahmung begnügen müssen. Der ornamentale Schmuck hat bald Rokokoform, bald trägt er barockes, bald antikes Gepräge, immer jedoch ordnet er sich, spärlich verteilt, dem Ganzen unter.

Die Fassade des Hauses Poststraße 15 (Text-Abb. 97), dessen Grundriß aus früherer Zeit stammt (S. 118 u. 120), ist in ihrer heutigen Form aus einem Umbau hervorgegangen[101]) und entspricht in jeder Weise der oben gegebenen allgemeinen Schilderung. Eine besonders hübsche Tischlerarbeit in Rokokoform zeigt der Torweg.

Das Haus Breitestraße 5 ist von Boumann im Jahre 1770[102]) errichtet worden. (Text-Abb. 96). Der Drempel ist erst 1835 aufgestockt.[103]) Eine Belebung der vollständig ungegliederten Fläche hat man ebenso wie bei dem vorhergehenden Beispiel durch Zusammenfassung mehrerer Fenster zu Gruppen versucht, und zwar dadurch, daß im ersten Fall seitliche Achsen abgetrennt worden sind, im zweiten Fall die mittlere Achse auf eine Fensterbreite beschränkt worden ist.

Bei dem Hause Rosenthalerstraße 37 (Text-Abb. 98 u. 99) hat man dagegen trotz der sieben Achsen auf eine Zusammenfassung einzelner Fenster vollständig verzichtet und dennoch durch die gleichmäßig aufgeteilte, in allen einzelnen Verhältnissen glücklich abgestimmte Front eine vorzügliche Wirkung erzielt.

Eines wiederum ganz anderen Gestaltungsmittels bediente sich die dritte Gruppe. Sie legte den Nachdruck auf den Gegensatz in der Flächenbehandlung einzelner Teile, insbesondere durch den Wechsel gequaderter und ungequaderter Flächen. Dies war ein so überaus einfaches Mittel, um mit einem denkbar geringen



Abb. 104. Molkenmarkt 7/8 (Nr. 8 links, abgerissen).

101) Ob dieser Umbau schon im Jahre 1753 vorgenommen worden ist, in welchem Jahre das Haus durch eine Feuersbrunst teilweise zerstört wurde, erscheint zweifelhaft, da die Formen der Fassade auf eine spätere Zeit hinweisen.

102) Geh. Staatsarchiv, Akten des Oberhofbauamts, Immediatbauten von 1763 bis 1775, Rubr. IV, Nr. 1a, 1770.

103) Akten des Polizeipräsidiums.

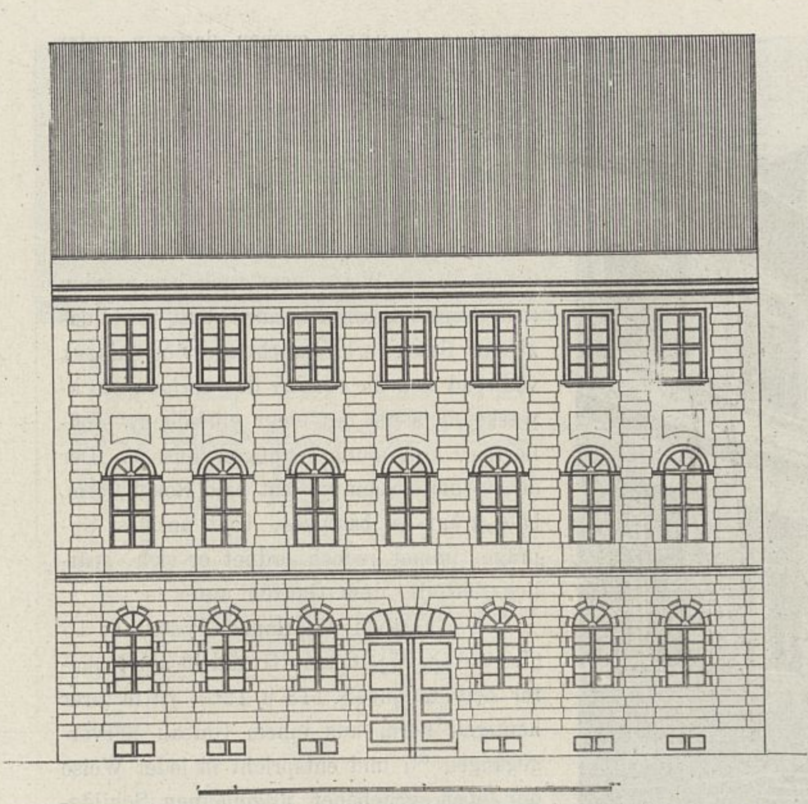


Abb. 105. Leipziger Straße 91.

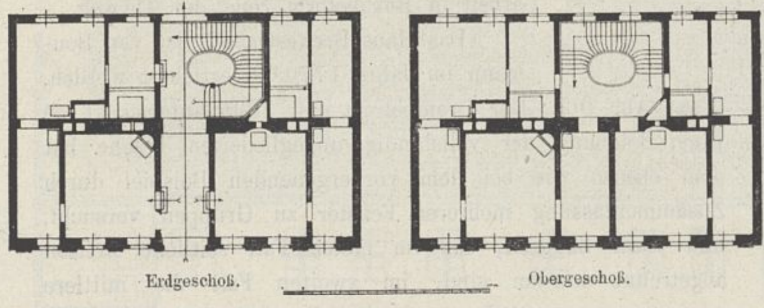


Abb. 106. Leipziger Straße 91.

Aufwand schon eine gewisse Wirkung zu erzielen, daß es auch bei der Gestaltung ganz bescheidener Bauten Verwendung fand. In der ersten Gruppe war man schon zur Absonderung des Erdgeschosses von den übrigen Geschossen auf diese Weise vorgegangen.

Das bescheidene Bürgerhaus Niederlagstraße 1 (Text-Abb. 103), das mit seinen zwei Stockwerken noch stark an die Zeit Friedrich Wilhelms I. erinnert, ist auf diese Weise gegliedert worden, indem man dem gequaderten Erdgeschoß ohne Fensterrahmen ein ungequadertes Obergeschoß mit Fensterrahmen entgegensetzte. Bei dem Hause Niederlagstraße 2 suchte man den Gegensatz durch ein gequadertes Mittelrisalit zu erzielen (Text-Abb. 103).

Die siebenachsige Front des Hauses Kreuzstraße 15 (Text-Abb. 101) setzt ebenfalls das gequaderte Erdgeschoß in Gegensatz zu den ungequaderten oberen Stockwerken. Durch die Betonung der Fensterreihe im ersten Stock durch wagerechte Deckgesimse hat das Haus große Verwandtschaft mit der zweiten Gruppe, doch fehlt ihm der für diese eigenartige ornamentale Schmuck. Das Haus ist ein Schulbeispiel dafür, wie man es in dieser Zeit noch verstanden hat, mit einem denkbar geringen Aufwand von architektonischen Mitteln, in erster Linie durch gute, abgestufte Verhältnisse der einzelnen Teile zueinander, das Gepräge eines schlicht bürgerlichen Wohnhauses in gefälliger Weise zum Ausdruck zu bringen. Es ist an Stelle eines alten, zwei Stockwerke hohen Gebäudes im Jahre 1767[104]) erbaut worden.

Besonders gern erzielte man den Gegensatz in der Flächenbehandlung mit einer senkrechten Gliederung durchgehender einzelner Quaderstreifen. Das bescheidene Häuschen am Molkenmarkt 8 (Text-Abb. 104) versinnbildlicht dieses Verfahren (das danebenstehende Eckhaus gehört zur zweiten Gruppe). Auch bei stattlicheren Fassaden wurde dieses Mittel angewendet, wie die heute nicht mehr in der alten Form erhaltene, aus dem Jahre 1764[104]) stammende Fassade des Hauses Leipzigerstraße 91 (Text-Abb. 105) beweist. Das Erdgeschoß ist durch Quaderung von den oberen Geschossen losgelöst, und in den oberen Geschossen sind durch Quaderstreifen einzelne glatte Felder abgeteilt worden, in denen die Fenster liegen. Die Fensterbildung des Erdgeschosses erinnert lebhaft an die gleichen Fenster des aus

104) Akten des Polizeipräsidiums.



Abb. 107. Taubenstraße 42.

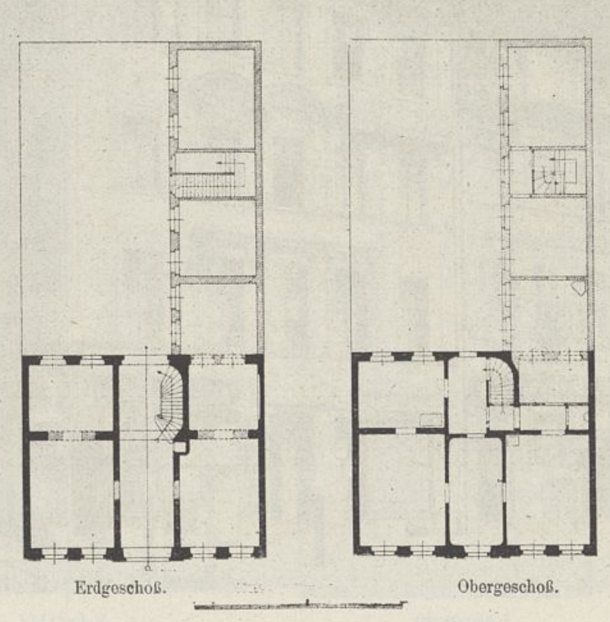


Abb. 108. Taubenstraße 42.



Abb. 109. Roßstraße 3.

derselben Zeit stammenden Hauses Rosenthalerstrsße 37 (Text-Abb. 98 u. 99).

Eine vierte Gruppe von Wohnhausfassaden, die wieder das gequaderte Erdgeschoß als Unterbau absondert, erweckt durch die Gliederung der oberen Geschosse durch Pilaster oder Wandsäulen oft einen palastähnlichen Eindruck; sie verdankt ihre Entstehung vornehmlich den letzten Regierungsjahren Friedrichs des Großen und teilweise schon den ersten Regierungsjahren seines Nachfolgers. Infolge der Aufteilung durch Pilaster und Mauerpfeiler erinnert die Gruppe stark an die dritte Gruppe der Fassaden vor dem Siebenjährigen Krieg. Auch diese Häuser verschmähen nicht das ganze, wiederholt geschilderte, aus drei Stilarten (Barock, Rokoko, Antike) herbeigeholte ornamentale Beiwerk des Zopfstiles.

Die nur zweistöckige Front des Hauses Taubenstraße 42 (Text-Abb. 107) verkörpert in anschaulicher Weise die architektonischen Mittel dieser Gruppe. Eine Erbschaft aus den drei vorhergehenden Gruppen bedeuten die Quaderung des Erdgeschosses, die Schlußsteine mit den Köpfen, die Konsolen am Haupt- und am Gurtgesims, die Puttenfiguren in den Bogenfeldern der Fenster und die Puttenfelder im Fries des Mittelrisalites. Neu dagegen ist die straffe architektonische Gliederung durch die Mauerpfeiler und Wandpilaster im Obergeschoß. Die gleichen Grundsätze in noch reicherer Ausführung vermittelt die stattliche Front des Hauses Roßstraße 3 (Text-Abb. 109), das bereits aus den achtziger Jahren stammt. Die Ähnlichkeit des vornehmen Hauses Schützenstraße 26 (Text-Abb. 110) mit den vorherbeschriebenen Fassaden ist so bedeutend, daß es besonderer Erläuterungen nicht bedarf[105]). Das Gesimsband unter den Fenstern des zweiten Obergeschosses trägt jedoch schon einen so ausgeprägt antik-klassischen Zug, daß auf dieses Übergangsmerkmal zu der neuklassizistischen Stilzeit des nächsten Abschnittes besonders hingewiesen sei.

Um am Schluß dieses Kapitels wie in den entsprechenden vorhergehenden Abschnitten noch mit einigen Worten auf die Bestrebungen zur Herbeiführung einer einheitlichen architektonischen Wirkung der Wohnhausfassaden einzugehen, so ist zu bemerken, daß sich auch für die Zeit Friedrichs des Großen zahlreiche Beispiele für eine derartige Fassadengestaltung feststellen lassen. Die schon erwähnte Front der beiden Häuser Petristraße 19 und 20 (Text-Abb. 82) ist ein bezeichnendes Beispiel dafür, wie man auch einfachere Bauten mit verhältnismäßig schlichter Ausbildung durch Zusammenfassung zu einer kräftigeren Gesamtwirkung zu bringen verstand. Jedes dieser beiden Häuser ist für sich allein unsymmetrisch, die Gesamtanlage dagegen

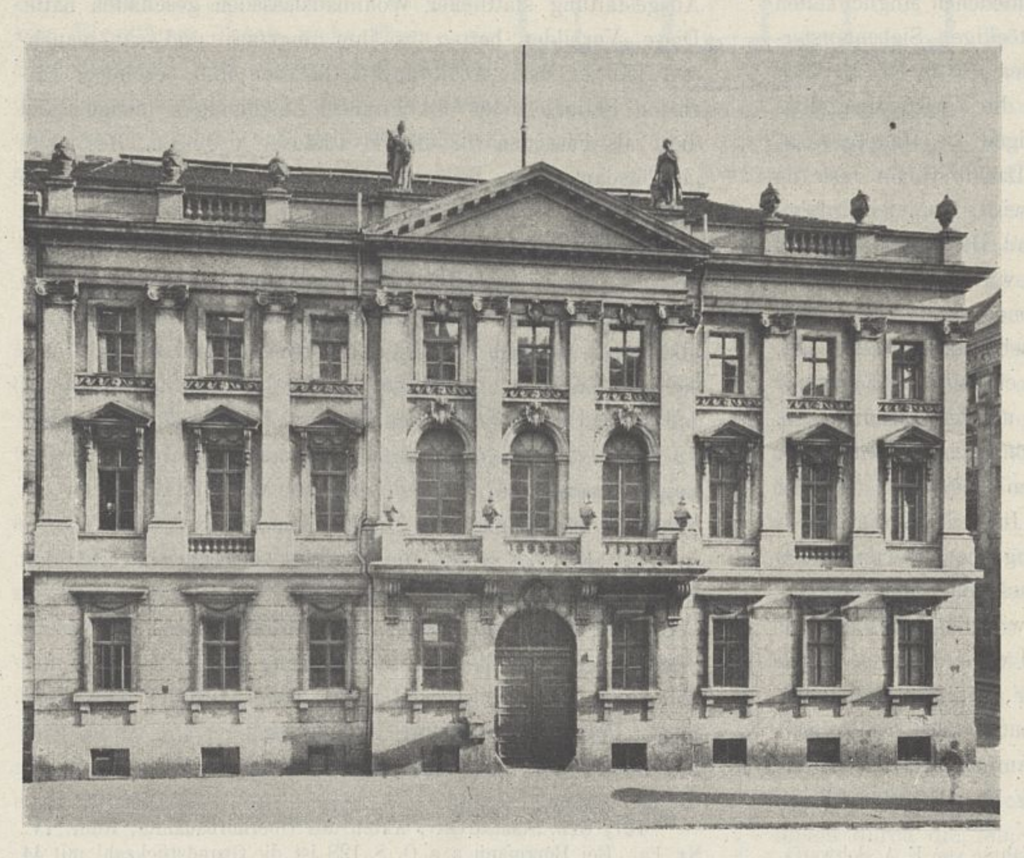


Abb. 110. Schützenstraße 26 (Konsistorialgebäude, abgerissen).

105) Vgl. Jahrgang 1904 der Zeitschrift für Bauwesen, S. 37.



Abb. 111. Neue Schönhauser Straße 17—20 (Nr. 20 links).

symmetrisch ausgebildet. Eine gewisse Einheitlichkeit in der Ausbildung weisen auch die Häuser Neue Schönhauserstraße 17 bis 20 auf (Text-Abb. 111)[106]. Es sind vier siebenachsige Gebäude von anscheinend vollkommen gleichem Grundriß. In den Einzelheiten und in der Aufteilung hat jede Fassade eine andersartige Ausbildung erfahren, so daß die Häuser zugleich eine lehrreiche Zusammenstellung der verschiedenen Möglichkeiten für die Fassadengestaltung eines dreistöckigen Siebenfensterhauses in der damaligen Zeit darstellen. Nur Nr. 20 stört den einheitlichen Eindruck etwas durch die Verwendung eines gebrochenen Daches, während im übrigen die Hauptgesimslinien, Gurtgesimslinien und auch die Dachfirstlinien fast alle gleichmäßig durchgeführt sind. So wird, zugleich infolge der Verwendung einheitlicher Bau- und Dachdeckungsstoffe, eine durchaus ruhig und harmonisch wirkende Straßenfront erzielt, obwohl, was noch einmal besonders betont sei, jedes Haus im einzelnen seine besondere Ausbildung erhalten hat.

Eine in diesem Sinne betriebene einheitliche Fassadengestaltung verfolgte ganz andere Zwecke und Ziele als diejenige, welche in der gleichen Zeit unter königlichem Einfluß bei der Ausbildung der Straßenwandungen derjenigen Straßen geübt wurde, in denen vornehmlich die Immediatbauten Friedrichs des Großen standen. Hier ging man ebenfalls des öfteren darauf aus, zwei, auch drei Fassaden einheitlich zusammenzufassen. Die Art und Weise, wie dies geschah, und die Beweggründe, die dabei maßgebend waren, sind so eigenartiger und zugleich einzigartiger Natur, daß eine Geschichte der Berliner Wohnhausfassade unvollständig wäre, wollte man diese Äußerungen königlicher Kunstauffassung unerwähnt lassen. Daß Friedrich der Große den Hauptstraßen seiner Residenzstadt möglichst schnell durch den Eindruck der Wohnhausfassaden das Gepräge der europäischen Weltstadt verleihen wollte, und daß er zu diesem Zwecke (besonders auch z. B. Unter den Linden) die kleinen, zweistöckigen Häuser durch solche von drei und vier Geschossen ersetzen ließ, ist schon gesagt worden. Diese Aufgabe war jedoch nicht immer in der einfachen Weise zu lösen, daß man an die Stelle eines kleinen Hauses ein vierstöckiges setzte. Bei den geringen Breiten, die viele Grundstücke selbst Unter den Linden nach Maßgabe der alten, kleinbürgerlichen Besitzverhältnisse noch aufzuweisen hatten, hätten solche schmale, vierstöckige Fronten einen nicht sehr großartigen Eindruck gewährt. Zu diesem äußerlichen Umstand kam noch die Vorliebe Friedrichs des Großen für die italienische Renaissance, die in ihren Palastfronten nach dem Empfinden des Königs eine unübertreffliche Reihe von Vorbildern für die architektonische Ausgestaltung stattlicher Wohnhausfassaden geschaffen hatte. Diese Vorbilder hatten es ihm angetan, und gar manchmal ließ er nach Abbildungen des von ihm besonders verehrten Palladio oder des Piranesi Zeichnungen fertigen und diese als Fassaden für die Privathäuser anweisen. Besonders in Potsdam kann man geradezu mit dem Finger auf die verwendeten Vorbilder weisen. Nun ergab sich aber nicht selten, daß die in Aussicht genommene Fassade eine viel größere Länge hatte als die Front des Grundstückes, für das sie bestimmt war. Infolgedessen mußte eine Fassade über zwei, ja auch drei Häuser hinweggezogen werden. Wie häufig derartige Fälle gewesen sind, geht schon daraus hervor, daß z. B. Unter den Linden in den Jahren 1770—73 auf 42 Grundstücken nur 33 Hausfassaden[107]), 1773 in der Leipzigerstraße auf 16 Grundstücken nur 12 Fassaden errichtet worden sind.

Ein Beispiel bieten die abgerissenen Häuser Unter den Linden 50 und 51, die vermutlich von Unger stammen. Über beide Häuser zieht sich ein einheitliches, durch italienische Vorbilder beeinflußtes Fassadenschema im Stilgepräge des Zopf, von dem drei Achsen in der Text-Abb. 112 dargestellt sind. Um die Durchfahrt symmetrisch in die Mittelachse der Gesamtfassade zu bekommen, mußte das Haus Nr. 50 im

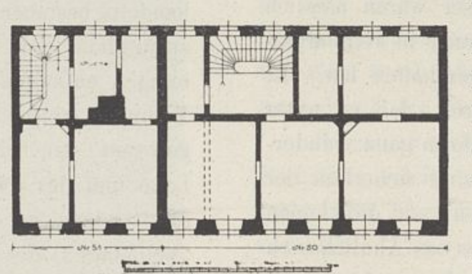
106) Die Text-Abb. 111 ist nach Aufnahme von F. A. Schwartz, Berlin NW 87, gefertigt.

107) Geh. Staatsarchiv, Akten des Oberhofbauamts, Rubr. IV, Nr. 1a. Bei Borrmann a. a. O. S. 128 ist die Grundstückzahl mit 44 angegeben.

Grundriß unsymmetrisch gestaltet werden, was besonders für den Grundriß des Erdgeschosses gerade keinen Vorteil bedeutete (Text-Abb. 113). Auch auf dem schon mehrfach erwähnten Lindenfries ist die Doppelfassade gut zu erkennen (Text-Abb. 76). Auf diesem Fries kann man übrigens noch eine ganze Reihe ähnlicher Doppelhäuser feststellen (z. B. Nr. 17/18, 33/34, 48/49, 54/55, 57/58, 61/62 und 63/64).

Wie der Grundriß so mußte natürlich auch die innere Einteilung der Häuser unter dieser Bauweise sehr oft leiden, denn die Stockwerkhöhen italienischer Palastfassaden ließen sich gar manchmal auf die Bedürfnisse einfacher Bürgersleute nicht zurechtschneiden; dadurch wurde es auch möglich, daß ein Fußboden quer über ein Fenster schnitt oder das Fenster in dem unteren Stockwerk der Decke zu nahe war, in dem oberen Stockwerk aber bis zum Fußboden reichte. Dieses erschien jedoch alles gleichgültig, wenn nur die Fassade gut wirkte. So entstanden jene Bürgerhäuser mit den Palastfronten, wie sie besonders in der vierten Gruppe der Zopfstilfassaden schon geschildert worden sind. Die Eigentümer mußten sich in diesen Dingen wohl oder übel dem Willen des Königs fügen; aber nachher rührte sich desto kräftiger ihr eigener Wille. Schadow erzählt z. B. in seinen Erinnerungen[108]: „Die zwei großen Häuserreihen nach dem Brandenburger und Leipziger Tore waren nun vollendet. Der König hatte zwei auch drei kurze Fassaden in eine gezogen, um eine lange Linie Fassaden zu erhalten. Die mehrsten Eigentümer haben mehr Eigen- als Schönheitssinn und ließen ihre Anteile durch Grün, Gelb und Blau absondern und gaben nichts auf den königlichen coup d'oeil."

Fassadenteil.
(Erdgeschoß vollständig umgebaut.)
Abb. 112. Unter den Linden 50 u. 51
(abgerissen).



Grundriß der oberen Geschosse, Erdgeschoß punktiert.
Abb. 113. Unter den Linden 50 und 51
(Nr. 50 rechts, abgerissen).

c. Die Gestaltung des Grundrisses.

1. Reine Vordergebäude.

Ebenso wie die Fassade hat auch der Grundriß des Berliner Wohnhauses während der Regierungszeit Friedrichs des Großen eine bedeutsame Entwicklung durchgemacht. Allerdings läßt sich auch die Übernahme der verschiedensten Grundrisse aus den früheren Zeitabschnitten feststellen, und zwar sowohl eine Übernahme ohne irgendwelche Abänderungen als auch eine solche unter Vornahme von Veränderungen der ursprünglichen Form. In der Regel ist es das Treppenhaus, an dem man Weiterbildungen versucht hat. In dieser Beziehung hat gerade das Zeitalter Friedrichs des Großen ganz vortreffliche Lösungen gefunden, die zu keinen Zeiten wieder übertroffen worden sind.

Die Grundrisse lassen sich nach zwei Gesichtspunkten gliedern, in solche mit einem Flureingang und solche mit einer Durchfahrt. Bei jeder von diesen beiden Hauptgruppen ergeben sich nochmals je zwei Unterabteilungen, je nachdem, ob der Eingang (oder die Durchfahrt) in der Mittelachse oder seitlich liegt, sodaß im ganzen vier Gruppen von Grundrißlösungen zu verzeichnen sind. Es scheint keine von den beiden Hauptgruppen in erster Linie bevorzugt worden und daher besonders häufig vorgekommen zu sein; dagegen findet sich ein bestimmter Gruppengrundriß in der Regel nur bei einer bestimmten Hausgattung. So wird z. B. der Grundriß mit seitlich liegendem Flureingang fast nur bei kleinen und kleinsten Häusern, d. h. also häufig bei Dreifensterhäusern, auch bei den seltenen Vierfensterhäusern, weniger bei Häusern mit fünf oder mehr Fenstern Front verwendet. Das ist insofern durchaus natürlich, als die Anlage eines Mittelflurs den Erdgeschoßgrundriß so kleiner Häuser vollkommen zerrissen hätte. Daraus folgt von selbst, daß der Mittelflur in der Regel nur bei besseren Bürgerhäusern Verwendung gefunden hat, und zwar scheint das Fünffensterhaus besonders verbreitet, das Siebenfensterhaus schon seltener und das Neunfensterhaus am wenigsten vertreten gewesen zu sein.

Die Verwendung einer Durchfahrt setzt ebenfalls schon einen größeren Grundriß, also eine bessere Hausgattung voraus. Die Regel bildete hier offenbar die Siebenfensterfront, fünf oder neun Fenster waren seltener. Dagegen kommen bei Verwendung einer Durchfahrt auch häufiger Hausfronten mit einer geraden Zahl von Fenstern vor, insbesondere von sechs Fenstern, indem auf die Achse der Durchfahrt zwei Fenster gesetzt wurden.

Auch die einfachsten Grundrisse zeichnen sich jetzt durchweg dadurch aus, daß sie ein folgerichtig entwickeltes Treppenhaus besitzen, indem die Treppe von Straßenhöhe bis zum obersten Geschoß an derselben Stelle durchgeführt wird. Bei stattlicheren Dreifensterhäusern, wie z. B. dem Hause Schornsteinfegergasse 7 (Text-Abb. 80), griff man zu dem bereits beschriebenen Mittel der Flurverbreiterung auf der zweiten Hälfte, an derjenigen Stelle, an welcher die Treppe lag. Die Treppe führt, was in dieser Zeit recht selten geworden ist, in einem einzigen Lauf, bei dem nur die Antritts- und die Austrittsstufen gewendelt sind, nach oben. Auch der Alkoven, hier sogar mit einem eigenen Ofen versehen, ist noch nicht von der Bildfläche verschwunden.

Stellt man sich denselben Grundriß mit einem in gleicher Breite durchgeführten Flur vor — wie er bei noch bescheideneren Häusern vorkam — und denkt man sich jede dieser beiden Lösungen ein Mal mit einer einläufigen Treppe und ein zweites Mal mit einer zweiläufigen Treppe, so hat man vier Grundrißlösungen einfachster Art, wie sie in den früheren Zeitabschnitten schon vorgekommen sind. Diese Lösungen finden durch die rein formale Änderung der Treppenführung nunmehr eine Weiterbildung. Unter Ausbildung eines aus-

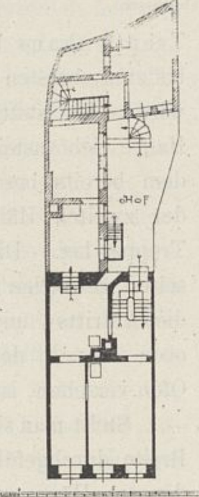
108) Schadow, Kunstwerke und Kunstansichten, S. X.

gesprochenen Treppenloches zwischen den Treppenläufen führt man die letzteren nunmehr mindestens auf drei, oft auf vier Seiten unter reichlicher Verwendung von Wendelstufen um das Treppenloch herum. Dieses wird in der einfachsten Weise so gestaltet, daß die beiden Langseiten einander parallel laufen, während die Schmalseiten eine ausgesprochene Rundung erhalten. Von dieser Ausbildung bis zur Weiterbildung des Treppenlochs zu einer ausgesprochenen Ellipsenform war es nicht mehr weit.

Der Grundriß des Hauses Unter den Linden 51 (Text-Abb. 113, links) hat einen in der Breite des Treppenhauses durchgehenden seitlichen Flur (erste Gruppe), das Treppenloch zeigt die eben geschilderte ausgerundete Form.

Bei einfacheren Häusern und beschränkterem Raume schrumpfte das Treppenloch wohl auch in der Länge zusammen, wodurch, wie bei dem Hause Parochialstraße 30 (Text-Abb. 20) und dem nach einer Inschrift an der Hinterfront aus dem Jahre 1760 stammenden Hause Parochialstraße 20 (Text-Abb. 23), die im Kreise geführte Treppe mehr zum Ausdruck kommt und diese mitunter schon das Aussehen der in der damaligen Zeit durchaus beliebten Wendeltreppe annimmt. Eine ausgesprochene Wendelform der Treppe ist z. B. bei den Häusern Parochialstraße 21 (Text-Abb. 23) und Kreuzstraße 2 vorhanden.

Daß man in diesen verhältnismäßig einfachen Häusern auf die Ausbildung der Treppenhäuser jetzt so viel Wert legte, war kein Zufall. Es hing mit der Entwicklung des Treppenhauses in den besseren Häusern, von der noch zu sprechen ist, zusammen. Die Treppenhäuser waren nämlich die einzige Stelle, an der der Rokokostil auch in rein architektonischer Beziehung etwas Bleibendes geschaffen hat. Er äußerte sich hier vor allen Dingen dadurch, daß er unter Verwendung der Kreisform und der Ellipsenform ganz wundervolle Lösungen erdachte. Diese Treppen sind sicherlich der Stolz der damaligen Hauseigentümer gewesen, und die kleinen Eigentümer mögen wohl versucht haben, etwas Ähnliches zu schaffen. Dabei kam man auf die besprochenen Lösungen, indem man in Ermangelung genügenden Raumes für die kreisrunden und ellipsenförmigen Treppenlöcher wenigstens die Ecken ausrundete. Mitunter schwang man sich aber auch zu einer richtigen, wenn auch noch so bescheidenen Ellipse auf, wie der Grundriß des Hauses Roßstraße 16 beweist (Text-Abb. 114). Daß trotz bescheidener Abmessungen ein so gestaltetes Treppenhaus nicht nur eine reizvolle, sondern bei entsprechender Ausbildung des Treppengeländers sogar eine persönliche, künstlerische Note aufweisen konnte, zeigt die Abbildung der Treppe des Hauses Neue Schönhauserstraße 20 (Text-Abb. 115).



Obergeschoß.
Abb. 114. Roßstraße 12.

An dieser Stelle muß eine weitere Grundrißlösung mit seitlich liegendem Eingangsflur eingeschoben werden, die trotz ihrer erheblichen Mängel verbreitet gewesen zu sein scheint. Bei dieser Lösung lag das Treppenhaus, wie z. B. bei dem Hause Parochialstraße 28 (Text-Abb. 20), in der Mitte des Flures, war also so gut wie vollkommen finster. Das Gleiche trifft für die lochartigen Kochstellen zu, welche neben dem Treppenhaus liegen. Nicht nur bei Häusern mit ganz kleinen Wohnungen von Stube und Küche, wie bei dem eben erwähnten Beispiel, sondern auch bei solchen mit größeren Wohnungen scheint eine ähnliche Grundrißform vorgekommen zu sein (Beispiel: Grünstraße 22).

Bei der zweiten Gruppe von Grundrissen, denjenigen mit mittlerem Flureingang, ist ebenfalls festzustellen, daß man es nicht verschmähte, auf frühere Lösungen zurückzugreifen. Der Grundriß des Hauses Jüdenhof 9 (Fassade Text-Abb. 84) verkörpert mit dem in der Mitte der Vorderfront liegenden Treppenhaus auch jetzt wieder, wie schon früher (S. 140), das solide, schlichte Bürgerhaus (vgl. Text-Abb. 49).

Der Grundriß des im Jahre 1910 abgerissenen Hauses Kleine Stralauerstraße 4, das laut Inschrift im Jahre 1763 erbaut war, stellt eine besonders wichtige Lösung dar (Text-Abb. 88), die sich inzwischen für die bürgerlichen Gesellschaftsklassen herausgebildet hatte. Der in der Mitte der Straßenfront liegende Eingangsflur führt nur zur Hälfte durch das Haus hindurch und findet seine Fortsetzung in dem etwas zur Seite gerückten Treppenhaus, das den Zugang zum Hof vermittelt. Das Treppenhaus selbst ist in stattlichen Abmessungen vierläufig rings um ein großes Treppenloch mit stark ausgerundeten Ecken angelegt. Der Eingangsflur teilt das Erdgeschoß in zwei vollkommen von einander getrennte Hälften. Zwei Räume, eine Stube und meistens wohl die Küche, von jeder der aus 2 bis 4 Räumen (je nachdem, ob es sich um ein Fünf-, Sieben- oder ein Neunfensterhaus handelt) bestehenden Wohnhälfte sind unmittelbar von außen zugänglich. Das obere Stockwerk kann wiederum zwei Wohnungen enthalten, oder es können sämtliche Räume zu einer Wohnung vereinigt werden. Das letztere mag das Übliche gewesen sein, denn es war die wegen ihrer bevorzugten Lage und des guten Zusammenhangs der Räume im Gegensatz zu dem „rez-de-chaussée“, dem Erdgeschoß, so benannte „bel étage“, die fast stets auch äußerlich in der Architektur der Fassade durch besonderen Schmuck, vor allem aber durch die größeren Fenster hervorgehoben war.

Das Kennzeichnende für diesen wie auch für sämtliche bisher besprochenen Grundrisse ist das Fehlen jeglicher Flurräume in den Wohnungen und die alleinige Anlage einer balkentragenden Mittelmauer. Die Folge davon war, daß die meisten Räume eine unmittelbare Zugänglichkeit nicht besaßen. Man suchte dem abzuhelfen, indem man den über dem Eingangsflur des Erdgeschosses liegenden einfenstrigen Raum als „Entree“ benutzte, ein Name, der dann späterhin auf jeden beim Eingang liegenden Wohnungsflur übertragen worden ist und sich trotz seiner Unschönheit so eingebürgert hat, daß er selbst in gebildeten Familien bis heutigen Tages noch nicht wieder auszurotten war. Durch diesen Eingangsraum wurde nun zwar die unmittelbare Zugänglichkeit weiterer Räume gesichert, anderseits aber auch wieder die obere Wohnung in zwei Teile zerrissen. Bei kleineren Wohnungen lagen auf der einen Seite dieses Raumes die Küche und ein oder zwei Schlafräume, auf der anderen Seite die gute Stube (der „Salon“) und das Wohnzimmer als Gesellschaftsräume. Bei größeren Wohnungen erfolgte wohl auch die Trennung in der Längsachse: vorn Gesellschaftsräume, hinten Wohn- und Schlafräume. Bei neun Fenstern Front ergab sich bei



Abb. 115. Neue Schönhauser Straße 20.



Abb. 117. Kupfergraben 7.

dieser Grundrißanordnung eine Wohnung von sechs Zimmern mit Nebengelaß. Es war zugleich die übliche Lösung für das damalige Miethaus, bei dem der Eigentümer wiederum die Erdgeschoßräume bewohnte und die Wohnungen im ersten und zweiten Obergeschoß vermietete. Dieses Vermieten war inzwischen zur Regel geworden. Aus dem Jahre 1785 wird berichtet: „Es wohnen die mehrsten Personen und Familien



Abb. 116. Grünstraße 9. Vorderhaustreppe.

zur Miete, selbst Minister und Generale haben gemietete Zimmer in großen Häusern. Ohnerachtet die Häuser so voller Menschen stecken, so leidet doch die Gesundheit nicht dabei, weil die Häuser nicht zu hoch, und die Straßen nicht zu enge seyn."[109]) Das 1788 erbaute „Haus der Naturforscher", Französischestraße 29, hat denselben Grundriß wie den eben beschriebenen besessen. Jetzt ist das alte Treppenhaus durch ein neueres ersetzt (an anderer Stelle liegend).

Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, daß genau dieselben, sowie außerordentlich ähnliche Grundrißlösungen auch beim Wiederaufbau der abgebrannten Stadt Neuruppin vom Jahre 1787 ab zur Anwendung gekommen sind, und zwar durch den Berliner Baumeister Brasch.[110]) Es ist dies um so bemerkenswerter, als Rowald[111]) den in der Text-Abb. 118 wiedergegebenen Grundriß, der auf dieselbe Lösung

109) Vgl. Fußnote 89, S. 244.

110) Veröffentlicht in der Zeitschrift des Verb. Deutscher Arch.- u. Ing.-Vereine 1913, Nr. 28 u. 29.

111) Rowald, Die neueren Formen des städtischen Wohnhauses in Deutschland. Hannover 1889. — Soweit der Verfasser feststellen konnte, hat sich vor ihm außer Rowald nur noch Tuckermann in einem Aufsatz in dem „Wochenblatt für Ingenieure und Architekten" (Jahrg. 1879, S. 197) mit der Erforschung des älteren Berliner Wohnhausgrundrisses beschäftigt. Es ist nun merkwürdig, daß beide Verfasser nur drei Grundrisse von Berliner Wohnhäusern bringen (von denen oben noch die Rede sein wird), und daß diese drei Grundrisse vollkommen übereinstimmen. Es müssen also beide Verfasser entweder dieselbe Quelle benutzt, oder aber es müßte Rowald, als der Jüngere, auf Tuckermann zurückgegriffen haben. Tuckermann will den oben besprochenen Grundriß schon in die Zeit des Großen Kurfürsten setzen, betont aber selbst, daß er einen Beweis dafür nicht erbringen könne. — Etwas eingehender hat sich außer den beiden Genannten noch Nitze in seinem Buche „Die Entwicklung des Wohnungswesens von Großberlin", das mit dem wesentlichsten Teil der vorliegenden Arbeit gleichzeitig entstanden ist, mit dem Berliner Wohnungsgrundriß durch Veröffentlichung verschiedener älterer Beispiele befaßt. Der Hauptwert der Nitzeschen Arbeit liegt in der Darstellung der gesetzgeberischen und baupolizeilichen Maßnahmen auf dem Gebiete des Berliner Wohnhausbaues und in der Fortführung dieser Darstellung bis in die neuere Zeit.

hinauskommt, veröffentlicht hat mit dem Zusatz „Älteres Miethaus vom Jahre 1720“. Der Verfasser dieser Ausführungen hat bei seinen eingehenden Forschungen einen Wohnhausgrundriß mit der abgebildeten vierläufigen Treppenhausform, welcher mit Sicherheit bis in die Zeit Friedrich Wilhelms I. zurückreicht, nicht auffinden können.

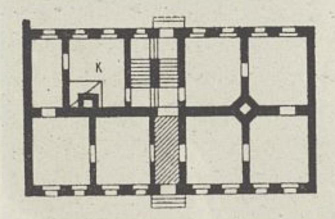
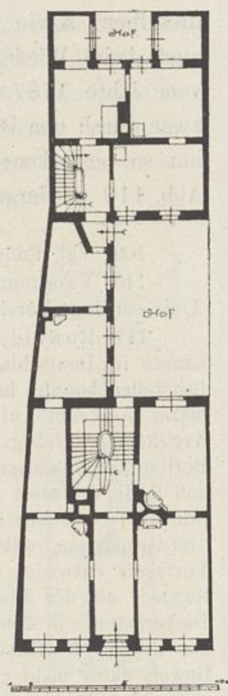


Abb. 118.

Einen ganz ähnlichen Grundriß wie den vorher beschriebenen, nur auf ein Haus mit überwiegender Tiefenausdehnung übersetzt, zeigt das Vordergebäude des Hauses Grünstraße 9 (Text-Abb. 119). Die mit einem außerordentlich reich wirkenden, holzgeschnitzten Treppengeländer in Rokokoformen ausgestattete Treppe folgt hier der ausgesprochenen Ellipsenform (Text-Abb. 116). Dasselbe ist der Fall bei dem Hause Kupfergraben 7 (Text-Abb. 117), wo jedoch als Treppengeländer eines der besonders in der Zeit zwischen 1760—1770 üblichen schmiedeeisernen Gitter verwendet ist, das für die damals hochentwickelte Berliner Schmiedekunst ein vortreffliches Zeugnis ablegt.[112])

Neben den Grundrissen mit Flureingang haben die Lösungen mit einer Durchfahrt, besonders bei reicheren Häusern, eine außerordentliche Verbreitung gefunden, und zwar scheint die Anlage mit einer mittleren Durchfahrt (dritte Gruppe) besonders beliebt gewesen zu sein. Es sei z. B. auf die vier nebeneinander liegenden, siebenachsigen Häuser Neue Schönhauserstraße 17—20, die alle eine Einfahrt in der Mitte haben, hingewiesen (Text-Abb. 111).

Schon unter Friedrich Wilhelm I. war die Lösung der mit der Durchfahrt verbundenen Treppe vorbereitet worden, unter der Regierung Friedrichs des Großen sollte sie zu einer wahrhaft glänzenden Vollendung gebracht werden. Der Grundriß des Hauses Taubenstraße 42 (Text-Abb. 108) zeigt in einer für die vorgeschrittene Zeit, in der das Haus entstanden ist, merkwürdig einfachen Form die Verbindung der mittleren Durchfahrt mit der Treppe. Die letztere ist in einfachem Lauf nach oben geführt, ohne daß bei dieser Lösung irgend etwas Besonderes bemerkenswert wäre. Deutlicher verkörpert die damals übliche Lösung schon der Grundriß des aus dem Jahre 1767 stammenden Hauses Kreuzstraße 15 (Text-Abb. 102). Die Treppe liegt stets in der hinteren Hälfte der Durchfahrt. Diese besitzt eine mehr oder weniger große seitliche Ausbuchtung, in die sich der Anfangslauf der Treppe hineinschmiegt, damit er den durchfahrenden Wagen nicht hinderlich ist (vgl. z. B. Text-Abb. 122—125 und 130). Hat die Treppe eine größere Höhe erreicht, sodaß



Erdgeschoß.

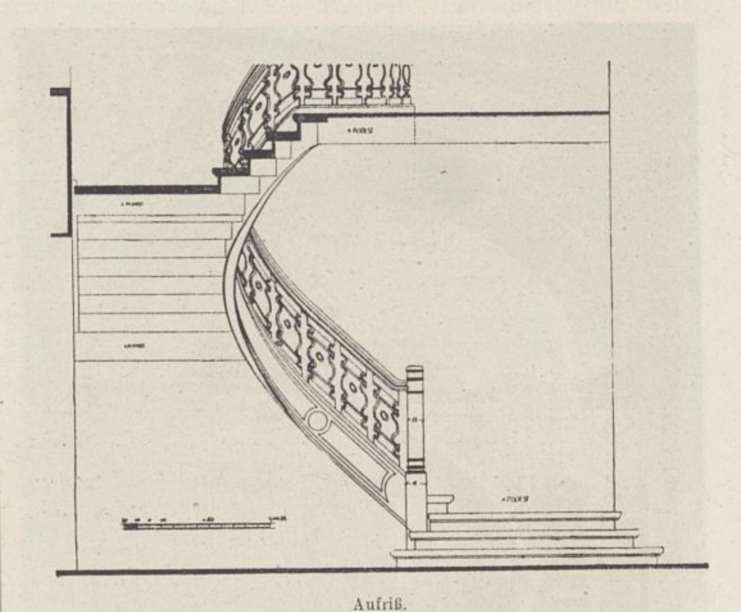
Abb. 119. Grünstraße 9.

112) Über die Entwicklung der schmiedeeisernen Treppengeländer vgl. S. Kracauer, Die Entwicklung der Schmiedekunst in Berlin, Potsdam usw. Worms 1915.

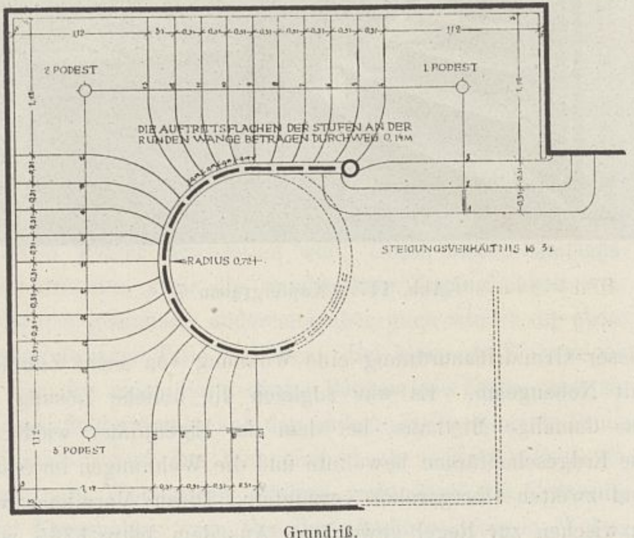


Blick nach der Decke.

Abb. 120. Alte Jakobstraße 70.



Aufriß.



Grundriß.

Abb. 121. Rosenthaler Straße 37.



Abb. 122. Alte Jakobstraße 70.



Abb. 123. Neue Promenade 2.



Abb. 124. Rosenthaler Straße 37.



Abb. 125. Roßstraße 7.

Menschen und Wagen bequem unter ihr durchgelangen können, dann hat sie sich inzwischen wieder so gedreht, daß ihr letzter Lauf bereits über der Durchfahrt liegt. Bei dem Hause Kreuzstraße 15 hat das Treppenloch entsprechend dem einfachen bürgerlichen Gepräge des Hauses noch eine einfache, rechteckige Form (Text-Abb. 102).

Eine ganz verwandte Treppenform, wie sie damals offenbar sehr verbreitet gewesen ist, weist der Grundriß des Immediatbaues Unter den Linden 50 auf (Text-Abb. 113, rechts), nur daß das Treppenloch bereits ausgesprochen ausgerundet ist. Dieser Grundriß ist gleichzeitig einer der seltenen Fälle, in denen die Durchfahrt unsymmetrisch in der Hausfassade angelegt ist. Im vorliegenden Falle erhält diese Lösung aber dadurch eine besondere Erklärung, daß die Durchfahrt symmetrisch in der Mitte der durch eine einheitliche Fassade verbundenen Häuser Nr. 50 und 51 liegt (vgl. S. 272).

Schon eine großzügigere Lösung hat das aus dem Jahre 1773 stammende Sechsfensterhaus Petristraße 15 (Text-Abb. 128), bei dem die Treppe bereits ausgesprochen vierläufig um die vier Seiten des großen, quadratischen Treppenlochs herumgeführt wird (Text-Abb. 127). Hier wie bei den meisten Grundrissen aus dieser Gruppe, die ja durchweg nur bessere Wohnhäuser vertreten, sind die recht bedeutenden Abmessungen der einzelnen Wohnräume bemerkenswert.



Abb. 126. Breitestraße 11. Ermelersches Haus.

Das stattliche Haus Alte Jakobstraße 70 besitzt einen ganz ähnlichen Grundriß, nur daß das Treppenloch eine rechteckige Grundform und stark abgerundete Ecken aufweist (Text-Abb. 86, 120 und 122). Dieses Treppenhaus atmet schon ganz Rokokogeschmack, ein Eindruck, der durch ein über dem Treppenloch angebrachtes, von Stuckformen im Rokokostil eingerahmtes Deckenbild noch außerordentlich verstärkt wird (Text-Abb. 120). Ähnliche Ausführungen scheinen in besseren Häusern jener Zeit häufiger vorgekommen zu sein (vgl. auch Text-Abb. 129). — Neben den eben besprochenen Formen des Treppenlochs,

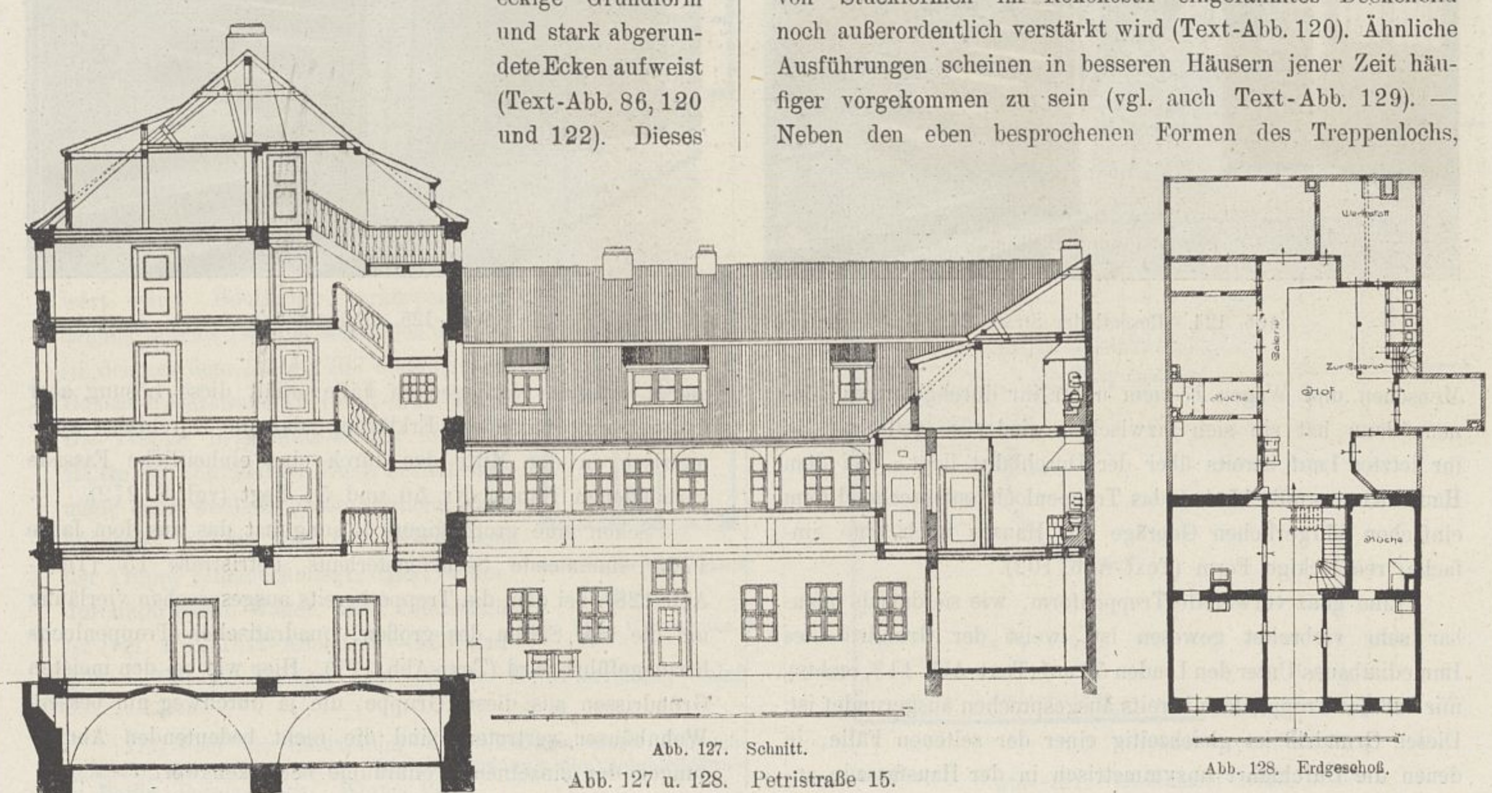
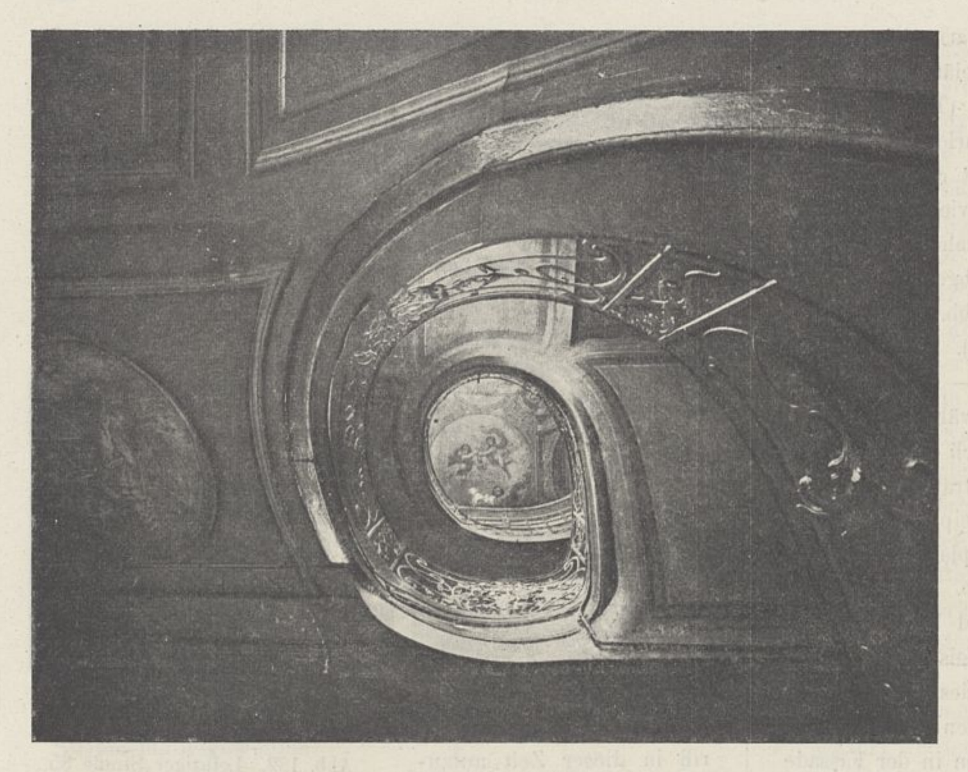


Abb. 127. Schnitt.

Abb. 128. Erdgeschoß.

Abb. 127 u. 128. Petristraße 15.



Blick nach der Decke.
Abb. 129. Breitestraße 11. Ermelersches Haus.



Abb. 130. Breitestraße 11. Ermelersches Haus.

dem Quadrat und dem Rechteck (beide ohne ausgerundete Ecken oder mit solchen), sind noch zwei weitere besonders verbreitet gewesen, die Ellipsen- und die Kreisform. Beide werden bei besonders stattlicher Ausbildung des Treppenhauses, also meistens nur in besseren Häusern, angewendet. Ein Beispiel für die Ellipsenform bietet das Haus Leipziger Straße 91 (Text-Abb. 106). Wie die Treppe in der seitlichen Ausbuchtung der Durchfahrt antritt und nach oben führt, veranschaulicht die Text-Abb. 125 vom Hause Roßstraße 7, das genau dieselbe Grundrißlösung besitzt. Beide Treppenhäuser haben auch schmiedeeiserne Treppengeländer. Während bei den eben besprochenen Beispielen die Hauptachse der Ellipse senkrecht zur Achse der Durchfahrt lag, findet sich bei anderen Häusern, wenn auch seltener (Beispiel: Neukölln am Wasser 9) der umgekehrte Fall, bei dem die Hauptachse der Ellipse parallel zur Durchfahrtsachse liegt.

Ebenso anziehend und reizvoll wie die Ellipsenform wirkt auch die Kreisform des Treppenlochs. Die Lage der Treppe zur Durchfahrt bleibt im übrigen genau dieselbe wie bisher, nur verlangt diese Lösung ebenso wie die vorher geschilderte mit Ellipsenform meistens eine größere Ausbuchtung der Durchfahrt für den ersten Treppenlauf. Beispiele für die Kreislösung bieten die Häuser Rosenthaler Straße 37 (Text-Abb. 121 u. 124), Neue Schönhauser Straße 8 und Neue Promenade 2 (Text-Abb. 123), letzteres bereits aus dem Jahre 1787 stammend.

Das glänzendste Beispiel ist jedoch das bekannte Ermelersche Haus in der Breitenstraße 11 (Text-Abb. 130). Die Text-Abb. 129 zeigt anschaulich, wie sich die Treppe, umsäumt von dem durch vortreffliche Schmiedearbeiten ausgezeichneten Treppengeländer, um das kreisrunde Treppenloch nach oben windet und das Ganze durch den mit Puttendarstellungen im Rokokogeschmack verzierten Spiegel der Decke gekrönt wird. Das Innere dieses im Jahre 1761 neu errichteten Gebäudes stellt in Berlin das besterhaltene Beispiel eines noch vollständig stilechten, im Sinne der damaligen Geschmackrichtung eingerichteten Wohnhauses eines vornehmen und vermögenden Bürgers dar (Text-Abb. 126).[113])

Entsprechend den Stilwandlungen, welche die Fassade während der Regierungszeit Friedrichs des Großen durchgemacht hat, hatte auch die stilistische Ausbildung des Treppengeländers mehrere Veränderungen durchzumachen, auf die mit wenigen Worten eingegangen werden soll. Während an einer Reihe von Bauten die Treppengeländer schwellend profilierte Holzbaluster besitzen wie z. B. Alte Jakobstraße 70 (Text-Abb. 120 u. 122) und Petristraße 15 (Text-Abb. 127), weisen andere Treppen im Rokokogeschmack

113) Über das Ermelersche Haus vgl. man: Borrmann a. a. O. S. 419; Dr. Hedwig Michaelson im Großberliner Kalender 1913, S. 302; Wochenschrift des Berliner Architektenvereins 1914, Nr. 14a, S. 227; Der Bär 1880, S. 340.

geschnitzte, in den Profillinien meistens stark bewegte, aber noch in Brettform gehaltene Geländerstäbe auf wie z. B. Rosenthaler Straße 37 (Text-Abb. 121 u. 124), Leipziger Straße 85 und Charlottenstraße 49. Sie werden in der späteren Zeit durch ein gleichfalls in Rokokoformen gehaltenes, vielfach durchbrochenes, in den Formen schon beinahe an Schmiedeeisen erinnerndes Geländerwerk abgelöst; Beispiele: Neue Schönhauser Straße 20 (Text-Abb. 115) und Grünstraße 9, Vorderhaus (Text-Abb. 116). Sehr reich wirken auch die in der Zeit von 1760—1770 besonders verbreiteten, schon mehrfach erwähnten schmiedeeisernen Treppengeländer[114]); durch Anführung der Häuser Jüdenhof 9, Kleine Stralauer Straße 4, Kupfergraben 7 (Text-Abb. 117), Leipziger Straße 91, Rosenthaler Straße 36, Monbijouplatz 1, Markgrafenstraße 40, Roßstraße 7 (Text-Abb. 125), Breitestraße 11 (Text-Abb. 129 u. 130) und Poststraße 16 ist die Reihe der zu nennenden Beispiele noch keineswegs erschöpft. Gegen Ende des zur Besprechung stehenden Zeitabschnittes treten dann gleichzeitig mit den klassizistischen Stilwandlungen in der Fassade nochmals andere Geländerformen aus Holz in brettartiger Gestalt und laubsägeartiger Formengebung auf wie z. B. bei den Häusern Neue Schönhauser Straße 8 und Neue Promenade 2 (Text-Abb. 123).

Die Lösungen mit seitlich liegender Durchfahrt (vierte Gruppe) können nach den vorangegangenen Ausführungen kurz behandelt werden, zumal diese Anordnung des Zugangs bedeutend seltener gewesen zu sein scheint als die mittlere Durchfahrt. Die Anlage der Treppe erfolgte überdies genau so in einer seitlichen Ausbuchtung der Durchfahrt, wie dies schon oben beschrieben worden ist. Auch hier findet sich die ausgesprochene Ellipsenform des Treppenlochs wieder besonders häufig, und zwar sowohl mit der Hauptachse der Ellipse parallel zur Achse der Durchfahrt, als auch (was der Platzersparnis wegen häufiger ist) senkrecht dazu. Ein Beispiel für die letzte Lösung bietet das Haus Unter den Linden 15, ein Beispiel für den ersten Fall das Haus Rosenstraße 12 (Text-Abb. 93), bei dem sich in bemerkenswerter Weise die große Ellipse des unteren Stockwerks zu einer kleinen Ellipse im oberen Stockwerk zusammenrollt.

Soweit die Entwicklung des Wohnhausgrundrisses bis jetzt geschildert worden ist, betraf sie in erster Linie die Umgestaltung des Treppenhauses, wobei sich gezeigt hat, daß hier Lösungen gefunden worden sind, die allen Ansprüchen an Konstruktionsgerechtigkeit, architektonischen Stil und ästhetische Befriedigung vollauf genügen. Selbst die schwere Klippe der ganz besonders häufig verwendeten Wendelstufen verstand ein auf bedeutender Höhe stehendes Zimmerhandwerk durch eine vorbildlich praktische und geschickte Austragung der Stufen fast immer in befriedigender Weise zu umgehen (Text-Abb. 121).[115]) Aber noch einen weiteren wichtigen Fortschritt

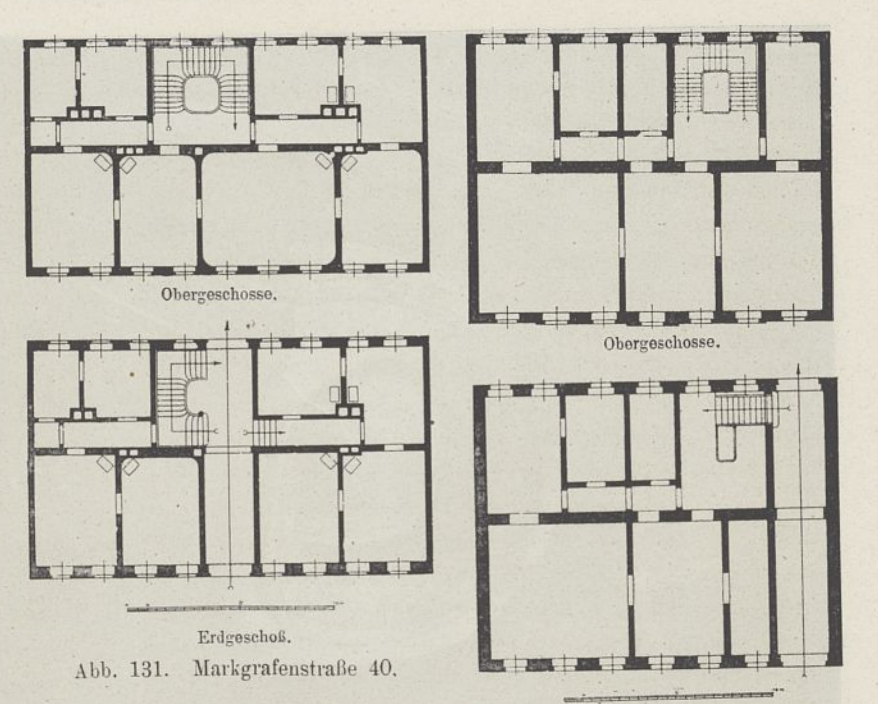
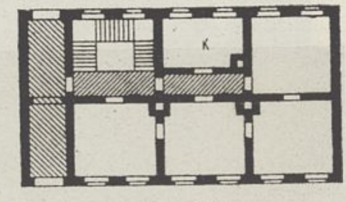


Abb. 131. Markgrafenstraße 40.

Abb. 132. Leipziger Straße 85.

hatte der Wohnhausgrundriß in dieser Zeit aufzuweisen.

Es ist schon vorher ausgeführt worden, welche Mängel und Unzulänglichkeiten die Bauart der einfachen, balkentragenden Mittelmauer ohne Zwischenflur für die Zugänglichkeit der einzelnen Räume der Wohnung usw. im Gefolge hatte (S. 276). Gegen das Ende dieser Zeit finden sich nun verschiedene Grundrisse, aus denen hervorgeht, daß man es verstanden hat, durch Einschiebung eines durch zwei Mittelmauern hergestellten Wohnungsflurs zwischen die an der Straße und die nach dem Hofe (Garten) zu liegenden Räume den gerügten Mängeln abzuhelfen. In deutlicher Weise versinnbildlicht dies z. B. der Grundriß des Hauses Markgrafenstraße 40 (Text-Abb. 131). Auch bei den Häusern mit Flureingang gelangte man zu einer gleichen Lösung. Auf diesen kurzen Gang, der sich von nun ab zwar nicht immer, aber doch mehr und mehr zwischen die vorderen und die hinteren Räume schiebt, der aber meistens nicht bis zu den Giebelmauern, sondern nur bis zum letzten Zimmer durchgeführt wird, überträgt sich dann der schöne Name „Entree“ (vgl. S. 276). Durch ihn wird nicht nur allen (oder doch wenigstens den meisten) Einzelräumen die unmittelbare Zugänglichkeit gesichert, sondern auch bei Anlage zweier Wohnungen in den oberen Geschossen die Möglichkeit gegeben, jede für sich abzuschließen.


Abb. 133.

Man wird nicht fehlgehen, wenn man die Herbeiführung dieser Lösung, mit der ein gewisser, vorläufiger Höhepunkt in der Entwicklung erreicht war, auch mit der Entwicklung der gesellschaftlichen Verhältnisse im Zusammenhang bringt. Es ist bekannt, wie der Hof Friedrichs des Großen und damit auch die höheren Kreise unter französischem Einfluß gestanden haben. Der gesellschaftliche Luxus, der sich besonders nach dem Siebenjährigen Kriege in den Hofkreisen und in den Kreisen der Aristokratie verbreitete, blieb auf diese nicht beschränkt,

114) Vgl. Fußnote 112, S. 279.

115) Zahlreiche Beispiele dieses vorbildlichen alten Berliner Bauhandwerks sind veröffentlicht in dem Werke von Seeck und Guth, Älteres Berliner Bauhandwerk, Aufnahmen von Schülern der Unterrichtsanstalt des Königl. Kunstgewerbemuseums in Berlin. Verlag Baumgaertel, Berlin 1912.

sondern wurde in weitgehender Weise auch vom Bürgertum übernommen und nachgeahmt. Die zur Gewohnheit gewordene Abhaltung großer Festlichkeiten und zahlreicher gesellschaftlicher Zusammenkünfte verlangte eine bessere Verbindung der Räume untereinander, aber auch die Vermehrung der Nebenräume und wiederum den guten Zusammenhang dieser mit den Gesellschaftsräumen, alles Forderungen, denen durch die Schaffung des Mittelflurs Rechnung getragen wurde.

Auch der Grundriß des aus dem Jahre 1773 stammenden Hauses Leipzigerstraße 85, des Wohnhauses von Knobelsdorff (Text-Abb. 132), zeigt bei seitlicher Durchfahrt die beginnende Verwendung eines solchen Zwischenflurs. Die Anlage des Treppenhauses stellt hier insofern eine neue Lösung dar, als dieses nicht mehr mit der Durchfahrt unmittelbar verbunden, sondern als selbständiger Raum vollkommen von ihr losgelöst ist. Damit ist in langem Werdegang eine Lösung erreicht, wie sie schon zur Zeit Friedrichs I. einmal vorhanden war. Während sie damals jedoch noch eine Eigentümlichkeit der Häuser besonders bevorzugter Kreise bedeutete (Text-Abb. 46), ist sie jetzt nach Vornahme gewisser Einschränkungen Allgemeingut geworden.

Bemerkenswert ist, daß auch Rowald und Tuckermann[116]) genau denselben Grundriß bringen, wie er in Text-Abb. 133 wiedergegeben ist, und ihn — dieses Mal übereinstimmend mit den Ergebnissen der vorher angestellten Betrachtungen — als üblichen Wohnungsgrundriß für die Zeit um 1770 bezeichnen, während beide ein Beispiel für den vorher erläuterten, besonders verbreiteten Grundriß mit der mittleren Durchfahrt überhaupt nicht anführen.

Am Schluß dieser Ausführungen sei darauf hingewiesen, daß sich auch heute noch Grundrißbeispiele anführen lassen, die beweisen, daß man es damals auch verstanden hat, unter Abweichung von dem gewöhnlichen Schema anziehende und reizvolle Lösungen zu schaffen. Aus der Zahl dieser Grundrisse sei nur ein Beispiel herausgegriffen, das einen Glanzpunkt in dieser Entwicklung bedeutet, der Grundriß des Hauses Poststraße 16, der gleichzeitig in besonders anschaulicher Weise die Anlage des Mittelflurs gelöst hat (Text-Abb. 89). Dadurch, daß man nicht nur dem Treppenloch, sondern auch den Wandungen des Treppenhauses die Ellipsenform zugrunde legte, ist in diesem ein Raum von besonders eindrucksvoller Schönheit und Harmonie geschaffen worden, in dem die prächtigen Schmiedearbeiten der Treppengeländer erst richtig zur Geltung kommen. Diese Harmonie wird nur noch vollendeter dadurch, daß auch der Vorraum nach der Straße zu gleichsam als Auftakt ähnliche Abmessungen und die gleiche Gestalt erhalten hat, wie überhaupt die vorbildliche Lösung des in der Eckachse untergebrachten Eingangs und der anschließenden Eingangs- und Treppenräume rückhaltlose Anerkennung und Bewunderung verdient.

2. Vordergebäude in Verbindung mit Hofgebäuden.

Schon in früheren Kapiteln ist angedeutet worden, daß unter der Regierung Friedrichs des Großen der Berliner Seitenflügel und die Bebauung des hinter dem Vordergebäude gelegenen Hof- und Gartengeländes ihren Siegeszug begonnen haben. Nicolai[117]) schreibt: „Es ist aber auch zu bedenken, daß der größte Theil der Häuser groß und geräumlich ist, daß fast die Hälfte der Häuser ansehnliche Seiten- und Hinterhäuser haben, welche in manchen Gegenden der Stadt beynahe stärker bewohnt sind, als die Vorderhäuser.“

Justus Konrad Müller[118]) berichtet: „Geräumige und schöne Häuser, welche zum Teile noch weitläufige und hohe Hintergebäude haben, bewohnt selten eine Familie allein.“

Nach Nicolai wurden im Jahre 1777 zum erstenmal die Hinterhäuser besonders gezählt, wobei sich außer 6470 Vorderhäusern 3225 Hinterhäuser, zusammen also 9695 Gebäude ergaben. Danach bestand schon etwa ein Drittel sämtlicher Häuser aus Hintergebäuden, wobei allerdings zu berücksichtigen ist, daß in den genannten Zahlen offenbar Wohngebäude sowohl wie Wirtschaftsgebäude enthalten sind. Diese Zahlen haben also nur einen bedingten Wert und müssen durch andere Angaben in ihrem Werte ergänzt werden. Nicolai[117]) berichtet weiter: „Es gibt Häuser, in welchen an 16 Familien wohnen.“ Schon die Ausdrucksweise verrät hier, daß es sich um etwas ganz Ungewöhnliches, Staunenswertes handelt. In den mehrfach erwähnten „Freyen Bemerkungen“ ist zu lesen[119]): „Es wird gemeiniglich ein Haus zu 15 bis 16 Einwohnern gerechnet.“ Diese Zahl stimmt auch ungefähr mit Zahlen aus anderen Quellen überein,

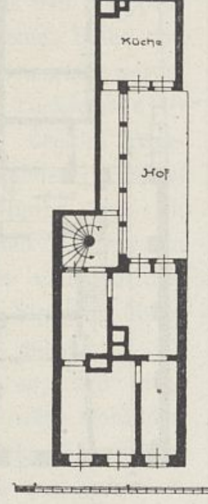


Abb. 134. Obergeschoß.

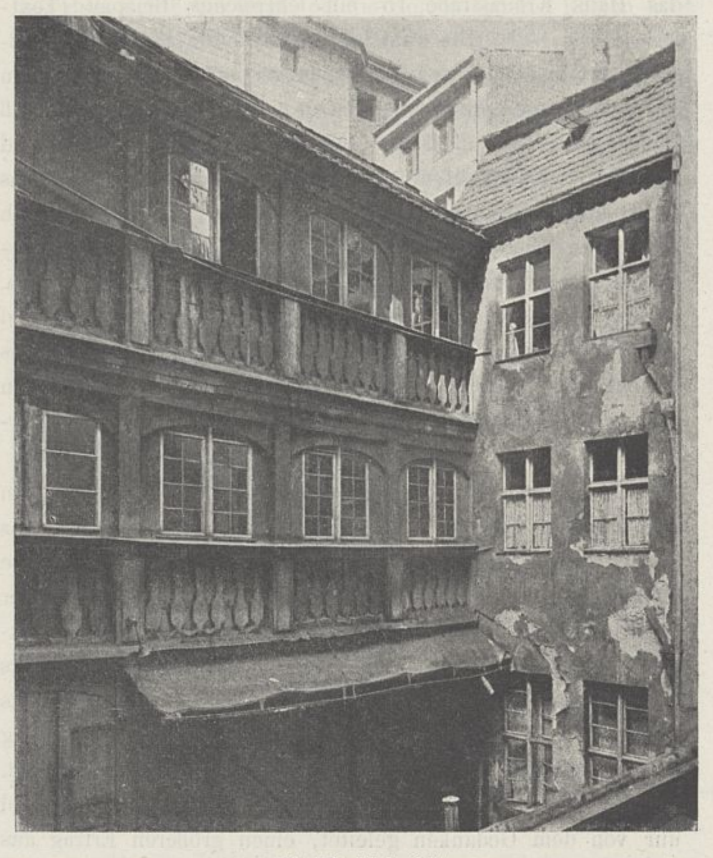

Abb. 135. Hofansicht.

Abb. 134 u. 135. Molkenmarkt 8 (abgerissen).

116) Vgl. Fußnote 111, S. 278.

117) Nicolai a. a. O. S. 238.

118) Justus Konrad Müller, Berlin und seine Bewohner. London 1792.

119) Vgl. Fußnote 89, S. 244.

sodaß also die Behausungsziffer noch eine verhältnismäßig bescheidene war. Die Schilderung des Werdegangs der allmählichen Bebauung des hinteren Geländes mit Hof- und Seitengebäuden ist schon in dem betreffenden Abschnitt des vorigen Kapitels gestreift worden (S. 144); in dem entsprechenden Abschnitt des nächsten Kapitels wird sie noch ergänzt werden.

Daß man bei dieser weitergehenden Ausnutzung des Hof- und Gartengeländes mitunter auf Lösungen zurückgegriffen hat, die schon Jahrzehnte vorher üblich gewesen waren, verdient besonders erwähnt zu werden. Das Haus Parochialstraße 6 weist z. B. genau denselben Grundriß auf, wie die auf Seite 100 besprochenen Häuser: zwischen einem Vordergebäude und einem Hintergebäude liegt auf dem Hof die Treppe, welche den Zugang zu beiden vermittelt. In noch bemerkenswerterer Weise ist dasselbe Bebauungsschema bei dem Grundstück Molkenmarkt 8 verwendet worden (Text-Abb. 134). Hier scheinen die Räume in dem Hofbau Küchen gewesen zu sein (vgl. hierzu die Ausführungen auf S. 101). Hätte man den Küchenbau unmittelbar im Anschluß an das Treppenhaus errichtet, so wären zwei sehr kleine, kaum brauchbare Höfe (einer vor und einer hinter dem Küchenbau) entstanden. Gleichzeitig wäre aber den hinteren Räumen des Vorderhauses viel Licht weggenommen worden. So rückte der betreffende Baumeister den Küchenbau sehr richtig an die hinterste Grenze des Grundstücks — da er die Küchen im Vorderhaus ja doch nicht unterbringen konnte — und verband das Vorderhaus und die Treppe einerseits und den Küchenbau anderseits durch eine Galerie (Text-Abb. 134 u. 135).

In welch verhältnismäßig bescheidener Weise die sich allmählich durchsetzende Hofbebauung nach der neuen Bauweise zunächst vorgenommen worden ist, dafür bietet das Haus Kreuzstraße 15 ein lehrreiches Beispiel (Text-Abb. 100—102). Bis zum Jahre 1767 hatte auf dem Grundstück ein zweistöckiges Wohnhaus gestanden, das in diesem Jahre abgerissen und neu „von drei Etagen Höhe, 50½ Fuß Länge und 27 Fuß Tiefe, mit einem geraden Dach“ und „massiv“ wieder aufgebaut worden ist. Vorher hatte das Haus nicht dieselbe Frontlänge besessen, sondern seitlich noch eine Einfahrt gehabt, was offenbar bis dahin öfters vorgekommen ist. In dem neuen Hause sollten „Stuben, Kammern und Küchen“ angelegt werden. Seitengebäude und Quergebäude sind damals noch nicht beantragt worden. Das Seitengebäude rechts ist 1815 vorhanden, erst 1820 werden beide Seitengebäude bis zur hinteren Grundstücksgrenze verlängert.[120])

Wenn man den Werdegang dieser Hofbebauung als den gewöhnlichen ansieht, so ergibt sich daraus — was sich aus zahlreichen Aktenstücken der Berliner Baupolizei noch heute nachweisen läßt —, daß die Hofgebäude zunächst in der Regel nur in bescheidener Höhe von ein bis zwei Stockwerken errichtet worden sind, daß man auch keineswegs die Seitengebäude sofort in der ganzen Tiefe des Grundstücks errichtet, geschweige denn von vornherein eine Bebauung des Grundstücks auf allen vier Seiten vorgenommen hat. Allmählich fangen dann einige Hausbesitzer an (in der Regel nur von dem Gedanken geleitet, einen größeren Ertrag aus ihrem Grundstück herauszuschlagen), auf das zweite Stockwerk der Hofgebäude noch ein drittes, auf das dritte noch ein viertes aufzusetzen. Dieses Beispiel erregt Aufsehen und findet bald Nachahmung. Gleichzeitig wird das alte Seitengebäude durch Ansetzen eines zweiten, gegebenenfalls das zweite auch noch durch ein drittes verlängert, was sich aus den verschiedenen Baustoffen, recht oft aber auch aus den Rücksprüngen in der Frontwand feststellen läßt. Eine Beschränkung in der Ausnutzung des Grund und Bodens durch irgendwelche gesetzliche Bestimmungen bestand nicht, eine Beschränkung in der Gebäudehöhe war gleichfalls nicht bekannt. Es ist klar, daß unter diesen Umständen, nachdem man erst einmal erkannt hatte, was für einen Wertgegenstand man in seinem Grundstück besaß und wie viele bisher ungekannte und ungenützte Möglichkeiten zu verhältnismäßig leichtem Gewinn dieses in sich barg, der Prozeß, dessen Endergebnis heute vor unser aller Augen steht, einen außerordentlich schnellen Verlauf nehmen mußte. Wenn man den eben geschilderten Gang der Ereignisse an der Hand der Akten des Polizeipräsidiums verfolgt, kann man das Gefühl nicht los werden, daß es damals doch in bedauerlicher Weise an dem erforderlichen Weitblick gefehlt hat. Wenn wirklich einmal in seltenen Fällen Bedenken gegen eine weitere Ausnutzung des Geländes und gegen immer weitergehende Aufstockungen auftraten, dann waren sie höchstens von Gründen der Feuersicherheit geboten — und wie leicht selbst diese genommen wurden, geht schon daraus hervor, daß man die Geschoßerhöhungen noch in Fachwerk vornehmen durfte!

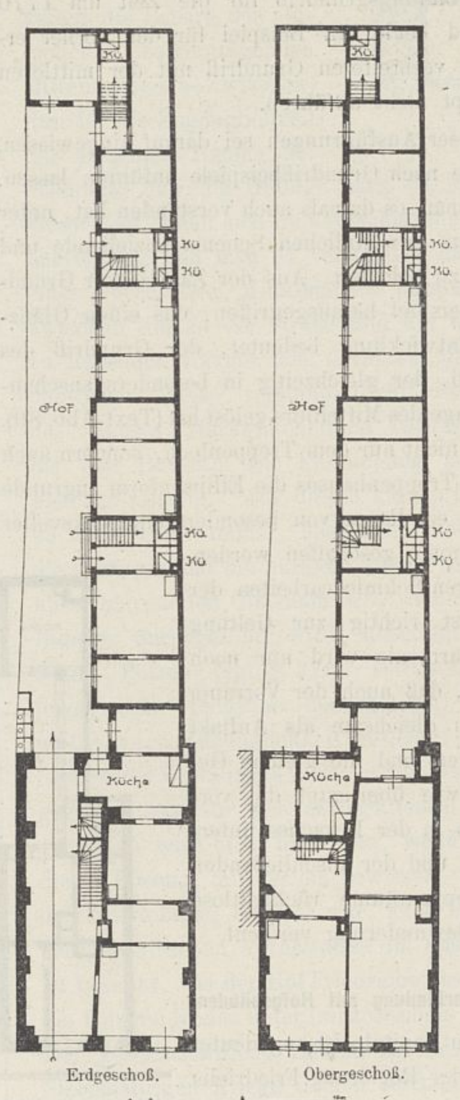


Abb. 136. Fischerstraße 32.

Nachdem man nun begonnen hatte, planmäßig Seitenflügel mit Wohnungen zu errichten, entstand die neue Aufgabe, diese Wohnungen zugänglich zu machen. Die Errichtung besonderer Treppenhäuser in den Seitenflügeln verursachte damals schon, wie heute noch, besondere Kosten und war deshalb nicht sehr beliebt. Immerhin scheute man auch vor einer solchen Lösung nicht zurück, besonders wenn man durch das zweite Treppenhaus womöglich einen Seitenflügel und ein Quer-

120) Akten des Polizeipräsidiums.



Abb. 137. Jägerstraße 32 (abgerissen).

nur noch dem „vorigen" (18.) Jahrhundert zu und erklärt gleichzeitig: „Jedoch hat diese Anordnung, welche anderen Orts[122]) noch wiederkehrt, in Berlin außer bei Eckhäusern keine Entwicklung gefunden." Die Ausführungen dieser sonst so weitgehend übereinstimmenden Schriftsteller widersprechen sich also hier recht stark. Dem Verfasser ist es nur gelungen, ein einziges Beispiel für eine derartige Grundrißlösung heute noch ausfindig zu machen, nämlich das im Jahre 1770 errichtete Haus Breitestraße 5.

Das bequemste und außerordentlich oft angewendete Mittel, um mit einem Treppenhaus auszukommen, bestand in der Verwendung von Galerien. In einfacher Weise wird diese Lösung veranschaulicht durch die Gebäudeanlage des Hauses Fischerstraße 29 (Text-Abb. 140): Zwischen den beiden Seitenflügeln ist an der Rückwand des Vorderhauses in jedem Stockwerk eine Galerie angeordnet, die von dem ebenfalls an der Rückwand des Vorderhauses liegenden Treppenhaus aus zugänglich ist (Text-Abb. 139).

gebäude gleichzeitig zugänglich machen konnte. In welcher Weise man die Aufgabe löste, zeigt das Haus Grünstraße 9 (Text-Abb. 119). Man legte das Treppenhaus in die Ecke zwischen Quer- und Seitenflügel, indem man lieber ein dunkles Treppenhaus als ein dunkles Zimmer (das spätere Berliner Zimmer) in Kauf nahm. Beim Anschluß des Seitenflügels an das Vorderhaus ließ sich jedoch ein vollkommen finsterer Raum in den Vorderwohnungen nicht vermeiden. Irgendeine innige Verbindung zwischen Vorderhaus und Seitenflügel bestand noch nicht. Die Lösung dieser Aufgabe war auch zunächst noch nicht so brennend, weil in der Regel im Vorderhaus wie im Seitengebäude selbständige Wohnungen lagen. Um diese beiden Gebäudeteile durch ein Treppenhaus zugänglich zu machen, griff man bei einer Reihe von Häusern zu einer recht bemerkenswerten Lösung. Rowald und Tuckermann[121]) bringen übereinstimmend den in Text-Abb. 138 dargestellten Grundriß. Tuckermann bemerkt hierzu: „Hierbei legt sich die Treppe parallel zu den Frontmauern und läßt in der Breite eines dritten Laufes noch einen dritten Flurgang übrig, um zu dem Hofflügel zu gelangen." Er gibt gleichzeitig dabei an, daß diese Lösung besonders bei fiskalischen Gebäuden beliebt gewesen und bis auf die Zeit Friedrichs III. zurückzuführen sei. Rowald spricht diese Lösung dagegen schon

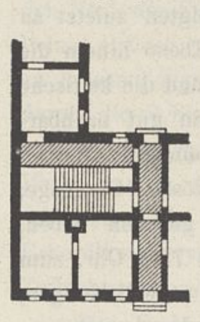


Abb. 138.

121) Vgl. Fußnote 111, S. 278.

Beschränkte sich die Anwendung der Galerien auf derartige, einfache und klar zu lösende Fälle, so wird gegen diese Lösung nicht allzuviel einzuwenden sein. Man ging aber in der Benutzung dieses Mittels manchmal so weit, daß man sich heute fragt, ob die aufgewendeten Kosten noch in einem richtigen Verhältnis zu dem erzielten Nutzen gestanden haben. Ein besonders drastisches Beispiel bietet in dieser Beziehung das Haus Schornsteinfegergasse 7 (Text-Abb. 79—81), das auf dem Hof einen Seitenflügel und ein Quergebäude, aber nur eine einzige Treppe im Vorderhaus besitzt. Um die Hofgebäude zugänglich zu machen, sind an der

122) Gemeint ist Frankfurt a. M.



Abb. 139. Hofansicht.

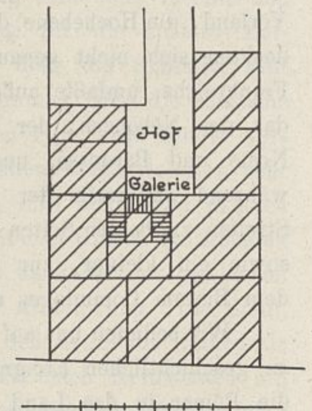


Abb. 140. Grundriß.

Abb. 139 u. 140. Fischerstraße 29.

hinteren Frontwand des Vorderhauses im ersten und zweiten Stock Galerien angebracht; von der ersten führt eine frei über dem Hofe schwebende Treppe von sechs Stufen hinunter in das erste Obergeschoß des Quergebäudes, eine solche von fünf Stufen hinauf in das zweite Obergeschoß des Seitenflügels. Das dritte Obergeschoß des Seitenflügels liegt mit der zweiten Galerie in gleicher Höhe, während wiederum eine Treppe von acht Stufen von dieser Galerie zum Dachgeschoß führt.

Waren diese Galerien in überlegter Weise angebracht und, wie dies sehr oft geschah, auch architektonisch ausgebildet, so konnten sie sehr malerisch wirken. Ein besonders schönes Beispiel für einen solchen, durch mehrere Geschosse hindurchreichenden Galerievorbau besaß das abgebrochene Haus Jägerstraße 32 (Text-Abb. 137), bei dem aber diese aufwendige Anlage vermutlich auch als Ersatz der fehlenden Wohnungsflure zur besseren Verbindung der einzelnen Räume untereinander gedient hat.

Eine eigene Entwicklung nahm noch die Hofbebauung derjenigen Grundstücke, die sich bei geringer Frontbreite durch eine besonders große Tiefenausdehnung auszeichneten. Solche Grundstücke sind z. B. besonders in der Stralauerstraße vorhanden, in der sich die hinter den Vordergebäuden befindlichen Gärten ursprünglich bis zur Spree ausgedehnt hatten. Früher hatten sie allerdings noch nicht eine so große Tiefe besessen wie heute, da das Spreebett viel breiter und noch nicht geregelt war. Besonders infolge der Errichtung der Festungswerke durch den Großen Kurfürsten ist die Spree bedeutend in ihren Ufern zurückgetreten; nachdem noch die Regulierung hinzugekommen war, hatten die erwähnten Grundstücke einen außerordentlichen Zuwachs in der Tiefenrichtung zu verzeichnen. Hier entwickelte sich nun auf dem Gelände der ehemaligen Gärten im Laufe der Zeiten eine Bebauung, die durch die Errichtung mehrerer Quergebäude und mehrerer Seitenflügel von ganz bedeutender Länge gekennzeichnet wird. Die Quergebäude weichen in ihrer Grundrißform von den üblichen Vordergebäuden kaum ab. Dagegen bürgerte sich für die Seitenflügel eine Lösung ein, die auch anderwärts gebräuchlich wurde und sich sogar bis ins 19. Jahrhundert hinein erhalten hat. Als Beispiel sei der Grundriß des Hauses Fischerstraße 32 gebracht (Text-Abb. 136). Hier, in dem ältesten Teile der Stadt, wo die Grundstücke oft noch nach mittelalterlicher Art sehr schmal, aber sehr tief waren, ging eine ganz verwandte Entwicklung wie die eben geschilderte vor sich. Insbesondere pflegte man die Grundstücke in der ganzen Tiefe allmählich mit Seitengebäuden zu bebauen. An dem Grundriß des Hauses Fischerstraße 32 kann man auch erkennen, wie diese Bebauung in einzelnen Abschnitten vor sich gegangen ist. Bei der Gestaltung dieser Seitenflügel griff man auf eine Lösung zurück, wie sie z. B. bei den Häusern in der Waisenstraße (S. 115 und 139) bereits angewendet worden war (Text-Abb. 39 und 71). Von einer gemeinschaftlichen Treppe machte man in jedem Stockwerk zwei aus je einer Stube und Kammer bestehende Kleinwohnungen zugänglich; die Küchen wurden wieder in Form von dunklen Kochstellen nebeneinander auf dem Treppenflur untergebracht, eine Anordnung, die sich trotz ihrer unglaublichen Feuergefährlichkeit und ihrer sonstigen zahlreichen Mängel dank des Fehlens jeglicher Bauvorschriften noch jahrzehntelang behaupten konnte (vgl. Grenadierstr. 23, Abschn. V C 2). Das Erdgeschoß hatte meistens einen besonderen Eingang, sodaß man an dieser Stelle die Überlieferung der wiederholt erwähnten doppeltürigen Anlage feststellen kann (vgl. u. a. S. 41). (Schluß folgt.)

Die kirchliche Baukunst im alten Bistum Comminges (Pyrenäen).

Von Dr.-Ing. Fritz Block in Königsberg i. Pr.

(Mit Abbildungen auf Blatt 20 im Atlas.)

Einleitung.

Es gab ehedem eine Grafschaft und ein Bistum Comminges. Die Grafschaft, zur Gascogne gehörend, entsprach ungefähr dem heutigen Arrondissement St. Gaudens südwestlich von Toulouse im Departement Haute Garonne (Text-Abb. 1). Sie zerfiel ihrer Lage nach in Hoch-Comminges oder den Teil, der in die Pyrenäen fällt, und Nieder-Comminges, das Vorland, die Hochebene der Garonne. Bistum und Grafschaft deckten sich nicht genau. Das Bistum, eines der ältesten Frankreichs, umfaßte außer dem Gebiet der Grafschaft noch das des Nébouzan, der „Quatre-Vallées" (Aure, Magnoac, Neste und Barousse) und des heute spanischen Arantales, während anderseits der zur Grafschaft gehörende schmale Streifen zu beiden Seiten der Garonne von Cazères bis Muret, sowie ein kleiner, zur Diözese Lombez geschlagener Teil dem Bistum Comminges nicht angehörten.

Wir befinden uns auf uraltem Siedelungsboden und einem an geschichtlichen Ereignissen überaus reichen Gebiet. Als die Römer in das Land kamen, fanden sie ein Mischvolk der verschiedensten Bergstämme vor. Zunächst waren es Basken, später Gascogner genannt, die sich an den Nordabhängen der Pyrenäen festgesetzt und dort das „Saltum Vasconum" gegründet hatten, nach Humboldt widerspenstige Iberer, die Zuflucht in den Bergen suchten. Zu ihnen gesellten sich die Garumni, die sich über das Flußbecken der Garonne von der Mündung bis nach Saint Béat ausbreiteten, ebenfalls baskischer Abstammung; diesen folgten zuletzt an dem unteren Lauf der Garonne bis in die Ebene hinein die Consorani. Diesen iberischen Einwanderern stand die keltische Rasse in der Minderheit gegenüber, jedoch in gut nachbarlichen Beziehungen und fest mit ihnen verbündet.

Die Convenae (Cummenae, Cummeni, französisch Cumenge, Comenge), die dem Lande seinen Namen gegeben haben, waren anfangs Nomaden, die mit dem Jahre 72 v. Chr. zum erstenmal in der Geschichte auftreten. Ihr Name will besagen, daß Fremde aus den verschiedensten Gegenden zusammengekommen sind, um an einem bestimmten Platz eine Gemeinschaft zu bilden. Als Pompejus nach Niederwerfung des Aufstandes des Sertorius in Iberien nach Gallien zurückkehren wollte, machten ihm die ungestümen Räuberbanden

der Convenae im Guerillakrieg viel zu schaffen. Es gelang ihm jedoch schließlich mit vieler Mühe, sie zur Botmäßigkeit zu bringen, und, um sie fürderhin besser überwachen und im Zaume halten zu können, zwang er sie, sich an den Nordabhängen der Pyrenäen in dem Becken der Garonne, das schon von den Garumni besiedelt war, festzusetzen. Am Zusammenfluß von Garonne und Neste gründete Pompejus Lugdunum Convenarum, das ihre Hauptstadt wurde und als Verwaltungsmittelpunkt und außerordentlich bevölkerte Stadt bald große Bedeutung erlangte. Die Convenae blieben anfangs frei, erst Cäsar verleibte dieses Gebiet den römischen Besitzungen in Gallien ein; unter Augustus kam es dann zu Aquitanien. Das Land nahm unter der römischen Herrschaft einen raschen Aufschwung. Mächtige Städte entsprossen dem Erdboden, ausgestattet mit allen Errungenschaften einer hochentwickelten, überfeinerten Kultur. Aquae Lixonis ward ein vielbesuchtes Luxusbad, Calagorris, wahrscheinlich an Stelle des heutigen Martres, bald ein berühmter Kunstsitz. Die Berührung mit dieser glänzenden Kultur verfehlte denn auch ihre Wirkung auf die rauhen Bergvölker des Landes keineswegs, sie nahmen außerordentlich rasch römische Sitten und Gebräuche an, nur in religiöser Beziehung bewahrten sie sich einigermaßen ihre Selbständigkeit. Die heimischen Gottheiten wurden auch weiterhin verehrt; in keinem anderen Gebiete Frankreichs sind so viel den heimischen Göttern geweihte Altäre gefunden worden, wie gerade im Comminges. Der Glanz der römischen Herrschaft in den Convenae dauerte bis zur Mitte des dritten Jahrhunderts; dann brachten die Kämpfe, die sich an die ersten Versuche der Ausbreitung des Christentums reihten, ferner die Einfälle der Westgoten und Franken sowie innere Unruhen den Zusammenbruch der römischen Herrschaft, während die römische Kultur sich noch bis zur Zerstörung Lugdunums hielt.

Das Christentum fand schon früh durch die Bemühungen des hl. Saturninus, des ersten Bischofs von Toulouse, und seiner unermüdlichen Schüler Eingang in den Convenae. Als die arianischen Westgoten das Land überschwemmten, war das Christentum schon allgemein eingeführt. Die Pyrenäenvölker, die unter sich ein starkes Kriegsbündnis bildeten, widersetzten sich der westgotischen Herrschaft anfangs aufs heftigste, erst nach großen Anstrengungen gelang ihre Unterwerfung. Aber die Westgoten erfreuten sich nicht lange ihrer Eroberung. Ihre Machtstellung in Südfrankreich entfesselte den Neid der Franken, die unter dem Vorwande, ihre christlichen Brüder vor den Verfolgungen der Arianer beschützen zu müssen, gegen die Westgoten zogen und ihrer Herrschaft durch die Schlacht bei Vouglé ein Ende bereiteten. Damit wurden die Franken Herren der Convenae, wenigstens in der Ebene und in den Tälern, während in den hohen Pyrenäenschluchten die Westgoten sich mit der gallisch-römischen Urbevölkerung verschmolzen und den Franken aus ihren rauhen Zufluchtsstätten heraus tatkräftigen Widerstand leisteten.

Der Eroberungszug der Franken gegen die Convenae brachte auch die Eroberung und restlose Zerstörung der Hauptstadt Lugdunum im Jahre 585 mit sich. Damit war auch zugleich das Schicksal der hochentwickelten römischen Kultur, die sich in dieser Provinz so lange gehalten hatte, besiegelt. Der Zerstörung Lugdunums folgten zwei Jahrhunderte der schlimmsten Unordnung, dauernder Verwüstungen und Plünderungen für das unglückliche Land. Am schlimmsten hausten die Mauren, sie gaben alles der Vernichtung anheim und verfolgten die Gläubigen in der schrecklichsten Weise; dies ist die Zeit der bekanntesten Märtyrer des Landes, des hl. Aventinus und Gaudens.

Erst Karl der Große brachte wieder Ordnung in diese trostlosen Zustände, er errichtete die Grafschaft Comminges und verbürgte den Bischöfen die Selbständigkeit ihrer Hauptstadt. Unter der segensreichen Herrschaft der Karolinger dehnten dann die weltlichen Herrscher des Comminges in der Folgezeit ihr Gebiet der Garonne entlang weiter aus, verloren aber im 11. und 12. Jahrhundert der Reihe nach das Gebiet des Nebouzan, der „vier Täler" und des Arantales, während dem Bistum all dieses erhalten blieb. Letzteres nahm überhaupt seit dem 11. Jahrhundert einen großen Aufschwung. Insbesondere brachte die Zeit der kraftvollen Regierung des hl. Bertrand der Diözese eine hohe Blüte; auf der Akropolis von Lugdunum ließ er die Hauptstadt des Comminges fünf Jahrhunderte nach ihrer Zerstörung von neuem erstehen und gab ihr den Namen der Grafschaft. Ihm zu Ehren erhielt sie dann später den heutigen Namen „Saint Bertrand de Comminges". Während letztere nun die kirchliche Hauptstadt des Comminges blieb, residierten die weltlichen Herrscher nacheinander auf den Schlössern von Fronsac, Salies und St. Julien. Im 13. Jahrhundert wurde Muret ihre Hauptstadt. Aber kaum hatten die Grafen ihren Einzug in die Stadt gehalten, da fand vor ihren Toren in der Ebene der Garonne jene unglückselige Schlacht des 12. Sept. 1213 statt, in der Simon von Montfort, der rücksichtslose Bekämpfer der Albigenser, über die vereinigten Heere des Königs von Aragonien und des Grafen von Toulouse, zu dessen Vasallen auch die Herrscher des Comminges zählten, einen Sieg davontrug, der die Vereinigung der Languedoc mit der Krone Frankreichs anbahnte. Die Grafschaft Comminges mit ihrer Hauptstadt Muret bestand fort bis zum Aussterben ihres Herrschergeschlechtes im Jahre 1453. Dann wurde ihr Land als Provinz dem alten Frankreich einverleibt. Die Diözese hat weiter fortbestanden bis zur Revolution, nachdem sie schon im 14. Jahrhundert einzelne Teile ihres Gebietes an die Diözesen Lombez und Rieux verloren hatte.

Übersicht über die Baudenkmäler.

Obwohl vorliegende Arbeit der christlich kirchlichen Baukunst des Comminges gewidmet sein soll, möchte ich doch wegen der hohen Bedeutung für die spätere Entwicklung einen kurzen Überblick über die römische Zeit geben. Nach der Gründung Lugdunums faßte die römische Kultur in den Convenae bald festen Fuß. Die Römer verstanden es, aus den einfachen, rauhen Bergbewohnern sehr bald cives Romani zu machen, die ihre Äcker von Sklaven bestellen ließen, sich selbst aber mit dem Glanze der fremden Kultur umgaben. Lugdunum nahm dank der ihm gewährten zahlreichen Vorrechte einen großen Aufschwung. Die Stadt, die sich am Fuße des Bergkegels, den heute die Kathedrale Saint Bertrand de Comminges krönt, nach Nordwesten hin ausdehnte, zählte nach glaubwürdigen Angaben mit Einschluß des sie umgebenden Landhausgürtels bald 50000 Seelen. Tempel, Thermen, Aquädukte, Verwaltungsgebäude großen Stiles, Theater, Arenen und Triumphbögen entstanden in

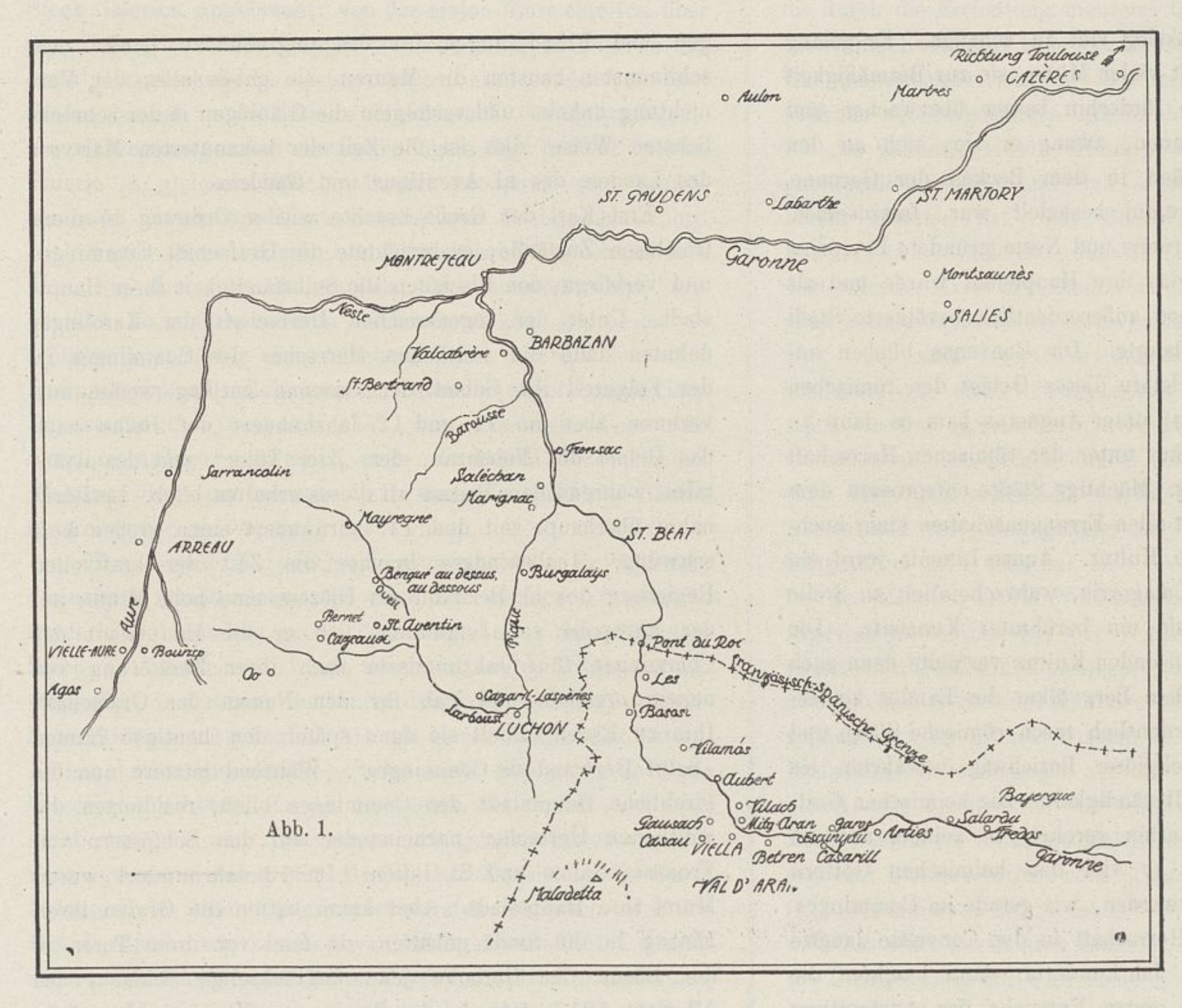


Abb. 1.

rascher Folge. Oben auf der Spitze des Berges waren zum Schutze all der Herrlichkeiten Befestigungen angelegt, deren Wasserversorgung für den Fall einer Belagerung mit großem Aufwande geregelt wurde. Breite, großzügig angelegte Heer- und Verkehrstraßen berührten Lugdunum oder gingen von ihm aus. Die römische Gesellschaft hatte am Fuße der Pyrenäen ihre prunkenden Landsitze, von hier aus suchte man die „Aquae Convenarum" auf, Luchon, Bigorre und Siradan waren damals Weltbäder wie heute. Kurzum Lugdunum war das Rom der Pyrenäen, eine der glänzendsten Stätten römischer Kultur in Gallien.

Was ist uns nun heute von aller Herrlichkeit geblieben? Nichts als einige spärliche Reste eines Amphitheaters am Fuße des Berges, Bruchstücke von Bildwerken und architektonischen Schmuckgliedern, Mosaiken und dergleichen, die Spaten und Pflug des Ackerers fast alle Tage fördern und die nun die bescheidenen Häuser und Gärten der Landbewohner hier schmücken. In der Ebene, wo sich einst die gewaltige Römerstadt erhob, herrscht jetzt tiefe Einsamkeit; auf den Wiesen und Äckern verfolgt der aufmerksame Betrachter noch den geraden Lauf der rechteckig sich kreuzenden Straßen, durch das saftige Grün schimmern die unverwischbaren Grundrißlinien der römischen Villen hindurch. Als einziger Bau erhebt sich inmitten der Einsamkeit Saint Just de Valcabrère. Wir treten ein und gewahren pietätvoll in das Mauerwerk eingelassen prächtige Zeugen des alten Glanzes. Da finden wir Reste von Triumphbogenbildwerk mit kriegerischen Darstellungen, architektonische Schmuckglieder und Ornamente aller Art und nicht zuletzt viele lehrreiche Inschriften, alles Erzeugnisse einer hohen Kunst. Es

ist bedauerlich, daß die französische Regierung sich nicht entschließen kann, auch einmal hier, abseits der großen Straße, planmäßige Ausgrabungen vorzunehmen. Noch stets, wenn Privatleute aus Liebhaberei oder um Gewinn daraus zu schlagen, auf den Äckern Grabungen vornehmen ließen, haben sie reiche Ernte gehalten.

Eine zweite, bedeutende Pflanzstätte römischer Kunst und Kultur in den Convenae, mit Lugdunum durch eine Heeresstraße verbunden, war Calagorris, wahrscheinlich an Stelle des heutigen Martres gelegen. Hier haben die seit 1826 planmäßig vorgenommenen Ausgrabungen überraschende Ergebnisse gebracht. Man fand auf verhältnismäßig beschränktem Raume eine solch gewaltige Menge von Kunstgegenständen jeweils derselben Art, daß man allgemein annimmt, Calagorris, wofern diese antike Stadt der Lage nach mit Martres übereinstimmt, sei eine Kunststadt mit zahlreichen Künstlerwerkstätten und Kunsthandlungen gewesen, die einen großen Teil Galliens mit ihren Erzeugnissen versorgte. Da fand man planmäßig geordnet Nachbildungen griechischer Götterbilder der klassischen und alexandrinischen Zeit in guter Ausführung, Köpfe und Büsten römischer Kaiser sowie ihrer Familienmitglieder von Augustus bis Gallienus, ferner Porträtbüsten und Standbilder von etwas roher Bildung, aber durchweg trefflich im Ausdruck. Auch Sittendarstellungen und geschichtliche Bilder fehlen nicht. Zahlreich sind die gefundenen Architekturteile und Bildwerkschmuck. Reste schwarzen und roten Stuckes, Mosaiken und Fresken wurden hier zutage gefördert, desgleichen Werke der Kleinkunst in Elfenbein, Metall und Holz; endlich reich ausgestattete, trefflich gearbeitete Gebrauchsgegenstände aller Art. Heute befinden sich alle diese Funde im Museum in Toulouse, dessen römische Sammlung durch sie hervorragende Bedeutung gewonnen hat. Außer diesen Einzelfunden wurden noch Reste mächtiger antiker Bäderanlagen, der große Kanal, der sie mit Wasser versorgte, sowie endlich die Grundmauern eines großen Saales festgestellt, den Dumège die „grande salle du palais des empereurs gallo-romains" nennt. Über die Bedeutung und Bestimmung der zahlreichen anderen Gebäude, die man in Martres noch aufdeckte, herrscht völlige Unklarheit, wie denn merkwürdigerweise alles, was man über diese Funde geschrieben hat, ebenso sehr auf Mutmaßung beruht, wie die Übereinstimmung der Örtlichkeit von Callagorris und Martres selbst.

Wenn nun von der hohen Kunst Lugdunums und Calagorris' nicht eben viel auf uns überkommen ist, so wird der Archäologe wenigstens durch die große, von keinem anderen Teile Frankreichs erreichte Zahl römischer Inschriften, Votivaltäre und kleinerer Grabdenkmäler, die man in Comminges fand, entschädigt. Karl der Große hatte angeordnet, daß alle Dokumente und Inschriften, die an den heidnischen Götterdienst erinnerten, in die Kirchen eingemauert werden sollten, um sie einerseits der Verehrung zu entziehen, anderseits aber der Nachwelt zu erhalten. Diese Vorschrift ist in der Gegend offenbar sehr gewissenhaft durchgeführt worden. Dadurch sind wir über die zahlreichen heimischen Gottheiten gallischen Ursprungs sowie über ihre Verehrung, die ihre Entstehung meistens dem Gefühle der Liebe und Anhänglichkeit an die heimische Scholle verdankt, unterrichtet. Die Pyrenäen mögen den Olymp dieser heimischen Götter abgegeben haben. Die junge Gemeinschaft der Gallier hatte es verstanden, durch eine Reihe von Heroen ihrer frühen Zeit dieselbe Verklärung zu geben, wie die Griechen und Römer. Weitere Funde von Altären beweisen uns dann, daß später auch die Götter des Olymps über Rom ihren Einzug in die Pyrenäen gehalten haben. Vom künstlerischen Standpunkte aus sind diese Werke nicht allzu hoch zu bewerten, es sind vielmehr Erzeugnisse einer rohen, durchaus handwerksmäßigen Kunst von so derber Ausführung, daß es bei den Grabsteinen vielfach schwer fällt, zu unterscheiden, ob die dargestellte Person dem männlichen oder weiblichen Geschlechte angehören soll.

Eine kurze Erwähnung verdienen noch etliche eigenartige Denkmäler, die an den großen Heerstraßen aufgestellt und wahrscheinlich dem Merkur geweiht waren. Von den verschiedenen Vertretern dieser Gattung soll die besterhaltene, die Merkursäule von Labarthe, die an der Straße von Toulouse nach Lugdunum stand, kurz beschrieben werden. Auf einem Sockel erhebt sich der etwa 3 m breite Oberbau mit der heute verstümmelten pyramidenförmigen Bekrönung. Auf der Südseite befindet sich eine viereckige Nische mit rundbogigem Abschluß, in der wohl ein Merkurbild aufgestellt war. Die Säulen hatten wahrscheinlich noch eine praktische Bedeutung, nämlich des Nachts durch ein in ihrer Spitze angestecktes Leuchtfeuer dem Wanderer den Weg zu weisen. Tatsächlich hat sich für ein ähnliches Denkmal bei Ebéon nahe Saint Jean d'Angely bis auf den heutigen Tag die Bezeichnung „fanal" erhalten.

Das Christentum hat schon früh in den Convenae weite Verbreitung gefunden, und es ist zweifellos, daß sich auch hier eine Reihe bescheidener Bethäuser, wie sie die frühen Christen allerorten zu errichten pflegten, erhoben hat. Aber von diesen frühen Kirchen vor Karl dem Großen, die ja in Frankreich gemeinhin sehr selten sind, hat sich hierzulande, wo die Einfälle der germanischen und maurischen Völkerschaften besonders heftig waren, nichts erhalten. Lediglich aus schriftlichen Aufzeichnungen wissen wir einiges über ihr Vorhandensein in Valcabrère, Saint Gaudens und Saint Bertrand de Comminges.

Auch von den karolingischen Bauten in unserem Gebiete können wir uns noch kein klares Bild machen; überhaupt ist ja Südfrankreich weniger reich an erhaltenen Bauwerken dieser Zeit, außerdem ist hier noch die Zeitbestimmung vieler Bauten, die dem 10. Jahrhundert oder gar dem 9. zugeschrieben werden, sehr zweifelhaft. Denn während im Norden die karolingische Zeit von der romanischen durch bestimmte Merkmale: kleines Mauerwerk, einfache Arkaden, runde oder viereckige Pfeiler ohne Vorlagen und vor allem durch das Fehlen von Gewölben streng geschieden ist, fallen diese sicheren Kennzeichen der karolingischen Zeit im Süden fort. Hier, wo die römischen Überlieferungen bis ins tiefe Mittelalter hinein starke Spuren hinterließen, und die Kirchen vor der gotischen Zeit immer gewölbt waren, wo das große und mittlere Mauerwerk stets angewandt wurde, sind die Grenzen zwischen der karolingischen und romanischen Zeit sehr verwischt, und diese frühen Bauten unterscheiden sich hier nur sehr wenig von den späteren, denen des 11. und 12. Jahrhunderts.

Nachdem das Jahr 1000 den Weltuntergang nicht gebracht hatte, auch die vielen sonstigen grausigen Voraussagungen nicht in Erfüllung gegangen waren, setzte überall eine ungemein lebhafte Bautätigkeit ein. Auch in unserem Bistum fällt die Glanzzeit der Architektur in die beiden ersten Jahrhunderte des zweiten Jahrtausend, und kein anderer Zeitabschnitt hat hier eine auch nur annähernd lebhafte Kunstbetätigung aufzuweisen gehabt. Ja wir können, trotz des beschränkten Gebietes, sehr wohl von einem eigenen Stile des Bistums Comminges im 11. und 12. Jahrhundert sprechen, und diese Kirchen stehen trotz ihres bescheidenen Umfanges denen keines anderen Gebietes in Südfrankreich an Eigenart nach. Sie sind meist einschiffige, tonnengewölbte Säle. Einige größere weisen Seitenschiffe auf, die dann mit Tonnen im Hauptschiffe, halben Tonnen in den Nebenschiffen überwölbt sind. Emporen hat nur Saint Gaudens. Die Kreuzgewölbe ohne Rippen bei Saint Aventin bilden eine Ausnahme. Die Apsiden sind stets halbkreisförmig und mit Halbkuppeln überwölbt. Nach der Art der Wölbung wird unser Gebiet der auvergnatischen Schule zugeteilt. Über Saint Sernin in Toulouse, das den reinsten Vertreter auvergnatischer Bauweise außerhalb der Auvergne darstellt, ist diese nach den weitentfernten Pyrenäen gekommen. Saint Gaudens, das bedeutendste Bauwerk dieser Gattung im Comminges, weist denn auch in vielen Beziehungen auffallende Ähnlichkeit mit Saint Sernin auf.

Die Pfeiler dieser Kirchen haben die der auvergnatischen Schule, oder vielmehr allen romanischen Schulen eigene Ausbildung. Sie sind rechteckig oder kreuzförmig ohne oder mit vorgelegten Halbsäulen. Das im Anhange behandelte Arantal bevorzugt runde Pfeiler. Die Basen nähern sich meistens der attischen. Die Kapitelle sind gewöhnlich schlank und haben die Form des korinthischen, ihre Durcharbeitung ist dank dem prächtigen Kalksteine und Marmor äußerst fein. Die Kämpfergesimse sind fast durchweg unten abgeschrägte Platten, die Schräge wird gerne mit Kugeln, Rollen- und Schachbrettmustern, auch wohl mit byzantinisierendem Blattwerk geschmückt.

Das Äußere dieser Kirchen ist sehr einfach. Sie wirken in erster Linie durch ihre klare, den Innenraum deutlich zum Ausdruck bringende Erscheinung, sowie durch die Schönheit der verwendeten Baustoffe. Die Seitenmauern werden durch flache Strebepfeiler gegliedert, den oberen Abschluß bildet ein einfaches, konsolengetragenes Gesims. Die Licht-

zufuhr ist zumeist dürftig, man bevorzugt düstere Stimmungen, die auch in Spanien so beliebt sind. Die meist rundbogig geschlossenen, einfachen Fenster sind ursprünglich stets sehr klein und eng gewesen, später hat man sie leider meistens vergrößert. „Ochsenaugen“ kommen auch gelegentlich vor, Saint Béat hat eine romanische Rose. Gegen einen Mittelkreis stützen sich dort mit ihren Scheiteln sechs mit ihrer Öffnung nach dem gemeinsamen Umfassungskreis gerichtete Bögen.

Den einzigen Schmuck der Seitenfassaden bilden die Tore, die sich nur in Ausnahmefällen, wie bei Saint Bertrand de Comminges und Saint Gaudens (hier nur Nebentor), unter den Türmen auf der Westseite befinden. Der gewöhnliche Platz ist das zweite Joch von Westen aus. Die Apsiden sind sehr einfach gehalten, mitunter werden sie durch flache Strebepfeiler gegliedert, auch die in den Hochpyrenäen öfter vorkommende Anordnung von Fenstern in den Strebepfeilern findet sich bei einzelnen Beispielen.

Einen Hauptschmuck der Kirchen bilden dann noch die Türme. Zwei Arten kommen im Comminges vor, der massive, in den meisten Fällen gleichzeitig Verteidigungszwecken dienende, gewöhnlich an der Westseite angeordnete, viereckige Turm, die „tour carrée“ und das Arkadentürmchen, der „clocher arcade“, ein mit Öffnungen zum Aufhängen der Glocken versehener einfacher Fassadenaufbau. Die Türme des Arantales weisen verschiedene, von denen des Comminges abweichende Gestaltungen auf. Die Dächer von mittlerer Höhe sind durchweg mit großen Schieferplatten gedeckt, ebenso die Helme der Türme.

Soviel über die romanische Zeit. Einen eigentlichen Übergangsstil vom Romanischen zum Gotischen gibt es im Comminges ebensowenig wie im übrigen Südfrankreich; denn letzterem lagen ja die Bestrebungen der Gotik überaus fern, und zu ihrer Entwicklung ist im Süden sicherlich nichts beigetragen worden. Dem Gebrauche gemäß sollen als Bauten des Übergangsstiles lediglich die betrachtet werden, bei denen Rund- und Spitzbogen, romanische Gewölbe und Kreuzgewölbe mit Rippen nebeneinander vorkommen. Zu diesen Kirchen zählen neben der zerstörten Abtei von Bonnefont die Kirchen von Sarrancolin und Montsaunès, letztere ist, da sie bereits im „Archive des monuments historiques“ ausführlich veröffentlicht ist und auch sonst ganz abseits der Entwicklung steht, hier nicht weiter erwähnt worden.

Dem gotischen Stil hat man im Comminges, obwohl er vor seiner vollkommenen Entwicklung schon dort bekannt war, bis ins 14. Jahrhundert hinein keinerlei Beachtung geschenkt. Die einzige wirkliche Leistung der Gotik im Lande ist die Kathedrale Saint Bertrand de Comminges. Wie es jedoch mit dieser „Gotik“ bestellt und wie sie im Grunde nichts als ein zeitgemäßes Kleid ist, davon soll später die Rede sein. Die rege Bautätigkeit des Mittelalters hatte das ganze Bistum mit Kirchen versorgt, die spätere Zeit konnte sich lediglich noch im inneren Ausbau betätigen, darin hat sie allerdings an einigen Stellen Hervorragendes geleistet.

Wir wollen nun zur Beschreibung der einzelnen Bauwerke schreiten.

Die mehrschiffigen Kirchen.

Saint Just de Valcabrère.

Die kleine Kirche liegt zwei Kilometer von Saint Bertrand de Comminges entfernt auf dem Boden des alten Lugdunum und gemahnt hier als einziges Denkmal weit und breit noch an vergangene Größe. Der altertümliche Bau liegt auf einsamem Friedhofe, zwischen hohen Zypressen, im Hintergrunde erhebt sich Saint Bertrand de Comminges in selten schöner Lage, ringsum steigen die Pyrenäenketten amphitheatralisch an (Text-Abb. 5). Ein hoher Stimmungsreiz umgibt die Kirche. Sie ist nach Métivier auf den Grundmauern eines frühchristlichen Gotteshauses vom Anfange des 7. Jahrhunderts errichtet, das kurz nach der Zerstörung Lugdunums erbaut wurde. Von dieser Kirche sind außer den Grundmauern nur noch einige Kapitelle, die in der jetzigen Kirche wieder verwandt wurden, erhalten geblieben (Text-Abb. 2).

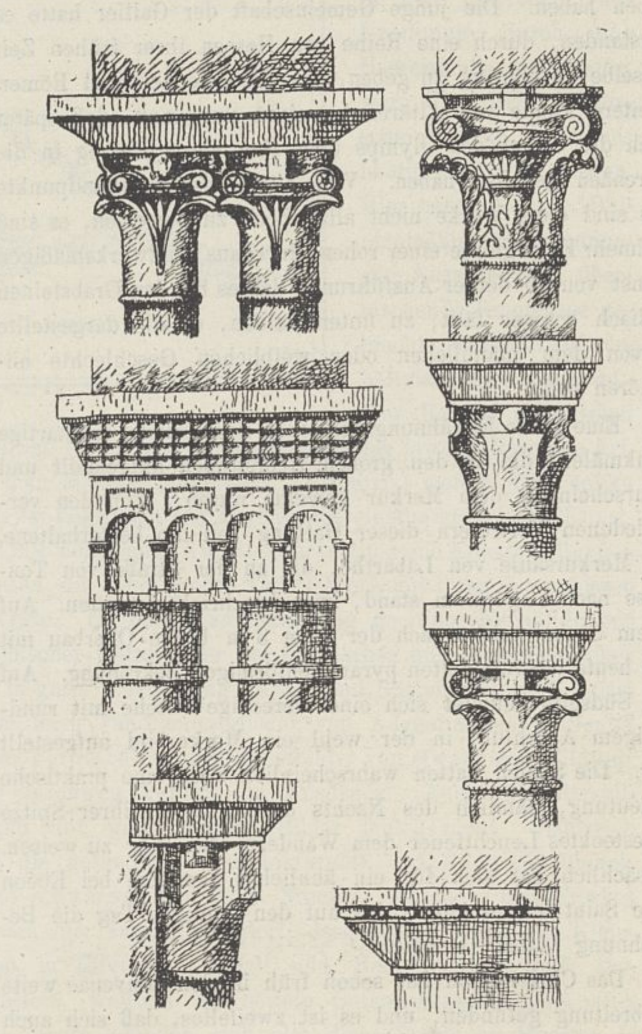


Abb. 2. Westgotische und karolingische Kapitelle.

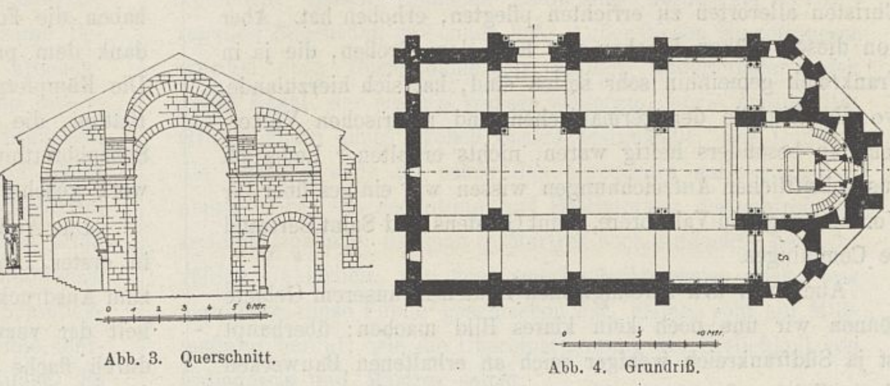


Abb. 3. Querschnitt. Abb. 4. Grundriß.

Abb. 2—4. Saint Just de Valcabrère.



Abb. 5. Ebene von Lugdunum mit Saint Just de Valcabrère (im Hintergrunde Saint Bertrand de Comminges).

Diese zeigen, daß die römischen Überlieferungen zu dieser Zeit im Lande noch kräftig fortlebten, aber gleichwohl macht sich eine Umwandlung bemerkbar. Man verspürt, wie an Stelle antiker Sinnlichkeit die schlichte Eindringlichkeit des neuen Glaubens getreten ist. Im ersten Viertel des 8. Jahrhunderts wurde diese Kirche, wie fast alle der Gascogne, von den Sarazenen zerstört. Im Anfange des 9. Jahrhunderts sammelte man ihre Überreste zugleich mit solchen der römisch-heidnischen Zeit und erbaute daraus den heutigen Chor und vielleicht auch Teile des Schiffes. Im 12. Jahrhundert wurde

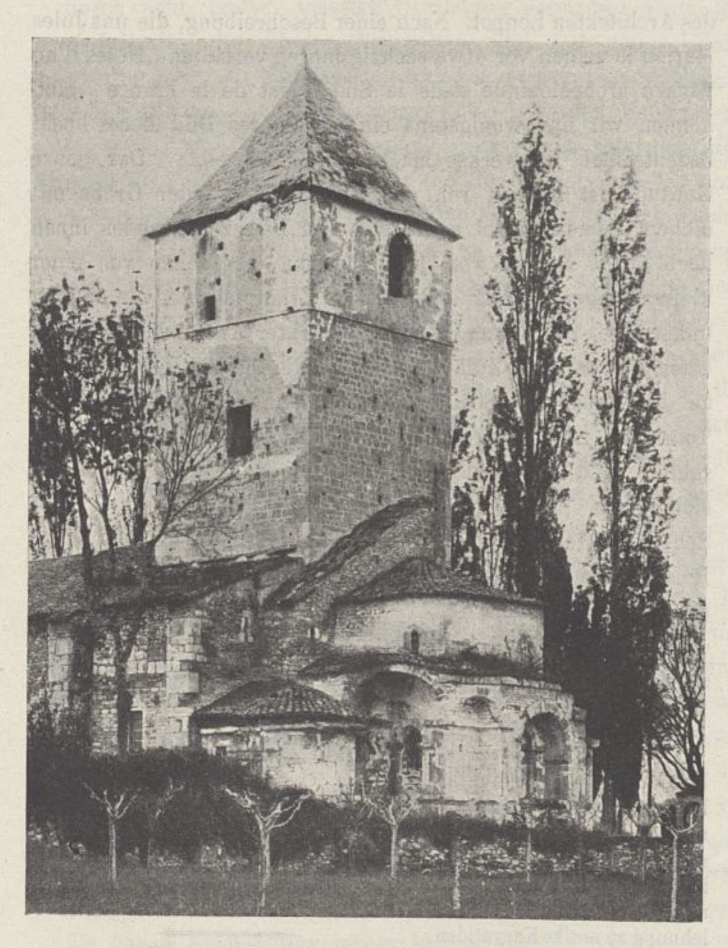


Abb. 6. Saint Just de Valcabrère. Choransicht vor der Wiederherstellung.

dann das Schiff vollendet und gewölbt. Gegen 1200, die Zeit der Weihe des Altares, entstand das Hauptportal. Im 14. Jahrhundert endlich kam das Ziborium des Hauptaltares hinzu. Saint Just de Valcabrère blieb Kathedrale bis zur Erbauung von Saint Bertrand de Comminges und wurde von Domherren, die in einem anstoßenden Kloster unter der Franziskanerregel lebten, bedient.

Der älteste Teil, der karolingische Chor (Text-Abb. 4 u. 6), wird gebildet von drei, Haupt- und Nebenschiffe abschließenden, innen halbkreisförmigen Apsiden. Außen haben diese rechteckigen bzw. vielseitigen Abschluß gefunden. Ein Gefüge von Gewölbezwickeln und Strebepfeilern leitet zu der in den Grundriß eingezeichneten Form des oberen Abschlusses über. Der karolingische Meister, mit dessen Kenntnis der Wölbekunst es nicht allzuweit her war, traute den Halbkuppeln nicht, die eine runde Mauer doch leicht getragen hätte, und anstatt den Apsiden auch außen Halbkreisform zu geben, nahm er in seiner Unsicherheit zu dieser umständlichen, zaghaften Anordnung seine Zuflucht.

Innen befindet sich im Chor sowie in den Seitenschiffen des ersten Joches in etwa 2 m Höhe über einem einfachen Gurtgesimse eine Reihe von Blendbögen, die oben hinwiederum durch ein mit Schachbrettmuster verziertes Band abgeschlossen werden. Die Hauptchornische ist mit den Nebenapsiden, von denen die südliche als Sakristei dient, durch Öffnungen verbunden. Eigentümlich ist auch die bei Viollet-le-Duc erwähnte Anordnung des zweigeschossigen Altares; im Untergeschoß eine Krypta mit Kreuzgewölben, darüber ein gotisches Ziborium aus dem 14. Jahrhundert, unter dem ein Sarkophag mit Reliquienschrein steht. Beiderseitige Treppen führen zu dem Aufbau empor; ein Umgang ermöglichte den Gläubigen, die Gebeine des Heiligen auf allen Seiten zu umwandeln. Der eigentliche Altar steht unten vor der Krypta. Im Chor sind, um das Gefühl der Gläubigen nicht zu verletzen, an weniger auffallenden Stellen viele römische Flachbildwerke, von denen eingangs schon die Rede war, in das Mauerwerk eingefügt worden. Die Einzelheiten, Kapitelle, Kämpferaufsätze und Gesimse weisen ausgesprochen karolingische Bildung auf. Teils sind sie auch von der ersten Kirche übernommen, also merowingisch. Überhaupt ist in dieser Kirche Altes und Neues bunt durcheinander verwandt worden. Antike, merowingische und karolingische Werkstücke sind ohne Rücksicht auf ihre Abmessungen zusammengesetzt worden; da sind Säulen, bei denen der Schaft stärker ist als das aufgesetzte Kapitell. Der ganze Bau gleicht mehr einem Museum, das Werkstücke von der Antike bis zum 15. Jahrhundert birgt, als einer einheitlichen Bauschöpfung. Beim Mauerwerk des Chores sind mit großer Vorliebe dünne, antike Marmorplatten von 6 bis 10 cm Stärke stets mit ihrer verzierten Seite nach innen verwandt worden. Die ungeregelte Ausbildung der Außenseite des Chores dürfte auch zum Teil durch spätere Umänderungen mitbedingt sein.

Die Mauern, besonders an der Nordseite, scheinen aus derselben Zeit zu stammen wie die Gewölbe, trotzdem auch sie durchweg aus antiken und merowingischen Überresten in kleinen Steinschichten erbaut sind. Möglicherweise stammt auch das Schiff aus derselben Zeit wie der Chor und ist dann im 12. Jahrhundert stark verändert und überwölbt worden. Es besteht aus einem tonnengewölbten Hauptschiffe,

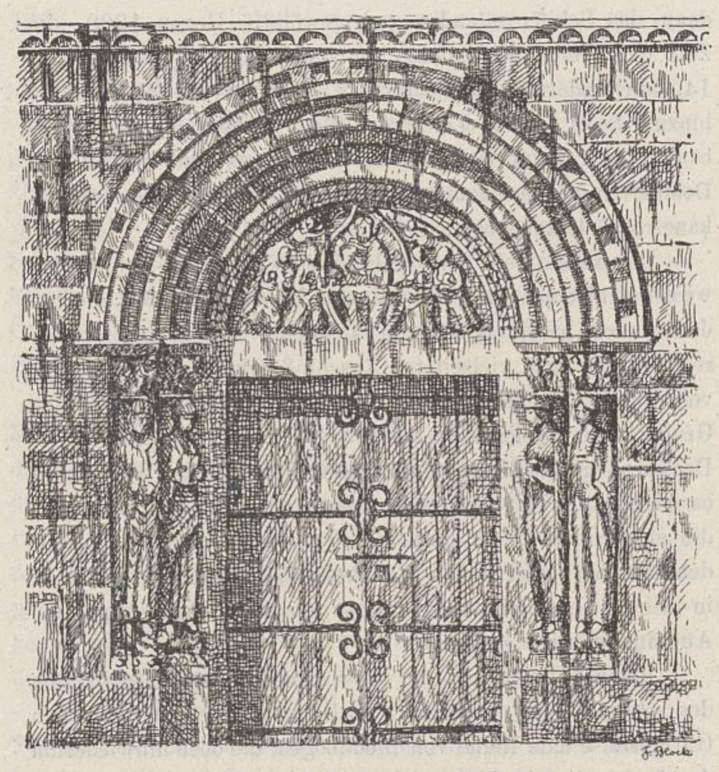


Abb. 7. Saint Just de Valcabrère. Portal.

gegen das sich die Viertelkreistonnen der beiden Seitenschiffe lehnen, und umfaßt vier Joche (Text-Abb. 3). Die rechteckigen Pfeiler haben nur an der Innenseite Vorlagen, die seitlichen Halbtonnen stoßen einfach gegen die Mauern des Mittelschiffes; die den Turm tragenden Pfeiler des ersten Joches sind verstärkt worden. Die Kämpferstücke wie Basen sind aus allerlei vorgefundenen Werkstücken zusammengesetzt worden. Der Fußboden, zu dem man elf Stufen hinabsteigt, wird von frühen, leider schlecht erhaltenen Grabplatten bedeckt. Seitliche Beleuchtung fehlt völlig, nur Chor und Westseite sind mit kleinen Fenstern versehen.

Das Äußere der Kirche ist sehr einfach gehalten, nur das Tor ist reicher gestaltet worden (Text-Abb. 7). Gegen Ende des 12. Jahrhunderts wurde es an der Nordseite des zweiten Joches von Westen aus errichtet. An Stelle von Säulen tragen vier lebensgroße menschliche Gestalten die Portalbögen (Text-Abb. 8). Bemerkenswert ist die für Spanien eigentümliche, in Frankreich sonst überaus seltene plastische Behandlung der großen Standbilder, die wirkliche Freiplastik, Karyatiden in antikem Sinne, nicht einer bestimmten Säulen- oder Pfeilerform eingezwängte Figuren sind.[1]) Ihre Erscheinung erinnert in etwas an Vorbilder der Tolosaner Schule, besonders aber an den Apostelpfeiler im Kloster von Saint Bertrand de Comminges. Vielleicht stammen beide Werke von demselben Künstler; zum mindesten haben aber beide Künstler der gleichen Schule angehört, der diese etwas trockene Kunstweise eigen war. Die Figurenkapitelle im gleichen Stil stellen lebendig bewegte Begebenheiten dar. Als Basen dienen Getier, Fratzen u. dgl. Das ganze Portal zeigt Spuren von Bemalung, insbesondere ein kräftiges Rot. Das Eisenwerk der Tür ist alt, das Holz ist naturgemäß erneuert worden. Der massige Turm entstammt dem 13. Jahrhundert, er ist nüchtern, schmucklos und ohne künstlerische Bedeutung. Von dem anstoßenden Kloster und den Gebäuden, die es umgaben, ist nichts erhalten geblieben.

Abb. 8. Saint Just de Valcabrère. Portalfiguren.

Luchon.

Das alte Aquae Lixonis, die „Perle der Pyrenäen", glänzend gelegen inmitten gewaltiger Gebirgsmassen, ist ein seit Römerzeiten wegen seiner berühmten Schwefelquellen stark besuchtes Weltbad. Die Pfarrkirche von Luchon, von der hier die Rede sein soll, ist leider im Anfange des vorigen Jahrhunderts abgebrochen worden, um einer „schöneren, neuen Kirche" Platz zu machen. Mit ihr ist eines der bemerkenswertesten Denkmäler der frühen Zeit dem Unverständnis zum Opfer gefallen; ein ganz eigenartiger Bau, wie er sich in ganz Frankreich nicht wiederfindet, ist uns für immer verloren gegangen. Alles, was noch an Zeichnungen vorhanden ist, ist eine Grundrißaufnahme des Architekten Loupot. Nach einer Beschreibung, die uns Jules Marion in seinen vor etwa sechzig Jahren verfaßten „Notes d'un voyage archéologique dans le Sud Ouest de la France" gibt, können wir uns wenigstens ein ungefähres Bild dieses hochbedeutsamen Bauwerkes machen. Er schreibt: „Das ganze Gebäude ist äußerst roh aus Ziegelsteinen jeder Größe mit dickem Zementmörtel errichtet. Der Bau zeigt weder innen noch außen Spuren von Ornamentation, abgesehen von einer kleinen Bogenstellung außen an der Hauptapside von äußerst unkorrekter Zeichnung und ungeschickter Ausführung. Durch einen eigenartigen Zufall findet sich die gleiche Bogenstellung an der Mauer des Schiffes der alten Abtei Saint Philibert zu Tournus. Die wenigen Fenster, klein und mit Rundbogenschluß, sind ohne jedes Ornament, außen eng, schrägen sie sich nach innen wie Schießscharten ab. Der Reichtum der Einzelformen ist es also nicht, der die Kirche von Luchon so bemerkenswert macht,

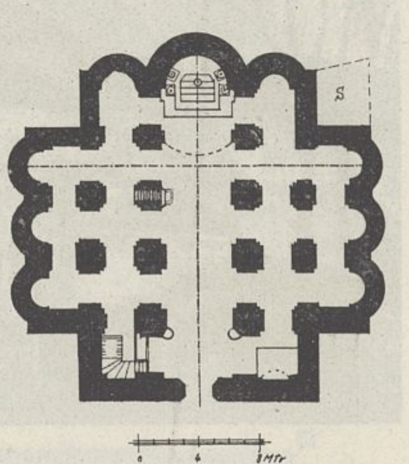


Abb. 9. Pfarrkirche von Luchon.

1) Vöges Ansicht, diese Figuren seien ein für die Languedoc seltener und darum mangelhafter Versuch eines Säulenstandbildes, kann ich leider nicht beipflichten, mir scheint die bewußte Anlehnung an antike Karyatiden unter spanischem Einfluß weit naheliegender.

das verdankt sie vielmehr ihrem Grundriß, der wunderlich und verwickelt genug ist, um besondere Aufmerksamkeit zu verdienen (Text-Abb. 9). Die Kirche ist ein kurzer und breiter Bau, fünfschiffig, mit Chor im Osten. Dieser wird gebildet von einer halbkreisförmigen Apsis des Hauptschiffes und zwei kleineren Apsiden gleicher Form, den beiden ersten Seitenschiffen entsprechend. Das Hauptschiff und die beiden ersten Seitenschiffe sind von gleicher Höhe und umfassen jedes fünf Joche. Die beiden äußersten Seitenschiffe sind kürzer und umfassen nur je drei Joche, die dem zweiten, dritten und vierten Joche der drei übrigen Schiffe entsprechen. An der diese äußersten Seitenschiffe begrenzenden Mauer sind senkrecht zur Kirchenachse sechs kleine seitliche Apsiden bzw. Nischen (drei auf jeder Seite) angeordnet, von denen jede einem Joche der Seitenschiffe entspricht. Die Bögen, die Haupt- und Seitenschiffe untereinander trennen, sind sehr eng, rohe Rundbögen, von so mangelhafter Konstruktion und von so ungeschickten Händen ausgeführt, daß gleiche Bögen ganz verschiedene Höhen aufweisen. Noch mehr, sie ruhen auf mächtigen viereckigen Pfeilern, die ebenso dick, als die Seitenschiffe, denen sie entsprechen, breit sind. Diese Mauermassen weisen keine Ornamente auf, nicht einmal das einfachste Gesims, das anspruchloseste Band an dem Platze, den sonst das Kapitell einnimmt. Man sieht, die Kunst steckt bei dieser Art zu bauen noch in den Kinderschuhen. Den Meister von Luchon trifft der Vorwurf nicht, den man den gotischen Architekten so oft gemacht hat, nämlich die Gediegenheit des Baues der Feinheit der Formen geopfert zu haben. Das Hauptschiff ist mit einer Tonne überwölbt, die durch sehr breite, massige Gurtbögen gegliedert wird, die einfach in die Pfeiler übergehen und sich ohne Unterbrechung bis zur Erde fortsetzen. Die beiden inneren Seitenschiffe haben eine Art Kreuzgewölbe rohester Bauart und werden durch Gurtbögen geteilt, die etwas schmaler sind und weniger vorspringen, als die des Hauptschiffes. Ganz wunderlich ist die Anordnung der Gewölbe in den beiden äußeren Seitenschiffen. Da sind in den beiden Endjochen Gratgewölbe zur Anwendung gekommen, die wesentlich niedriger gehalten sind, als die Gewölbe der entsprechenden Joche der inneren Schiffe, während im mittleren Joche eine Tonne angeordnet worden ist, deren Achse senkrecht läuft zu der der Haupttonne. In diesem mittleren Joch herrscht dann wieder dieselbe Höhe, wie im Hauptschiff und den beiden ersten Seitenschiffen. Infolgedessen machen diese beiden symmetrischen Joche den Eindruck von zwei kurzen Querschiffen, die gleich weit entfernt von den Enden der Kirche, dieser innen die Form des griechischen Kreuzes geben. Im übrigen stammt das ganze Bauwerk, wie eigenartig und verwickelt auch seine Form sein mag, augenscheinlich aus einer Zeit, und zweifellos sind auch die beiden äußersten Seitenschiffe gleichzeitig mit den übrigen Teilen der Kirche entstanden. Dieselben Formen, dieselbe Unbeholfenheit in der Bauart wiederholen sich genau in derselben Weise und bei denselben Objekten am ganzen Bau. Auch die rundbogigen Arkaden, Gewölbe, Fenster in den Pfeilern, die in den verschiedenen Teilen in gleicher Gestaltung wiederkehren, sowie die ganze Erscheinung lassen keinen Zweifel darüber zu."

Soweit die Beschreibung von Marion. Wir haben es hier unbedingt mit einem ganz eigenartigen Bau zu tun. Etwas Ähnliches findet sich nirgends in Frankreich[2]); auch die benachbarten Länder weisen einen derartigen Bau nicht auf. Vielleicht bestehen Zusammenhänge mit frühchristlichen Zentralbauten des Ostens, an die besonders die quergestellten Tonnen, die den Eindruck von Querschiffen hervorrufen, erinnern, wenn auch das stilbildende Element dieser Kirchen, die Kuppel, hier in Luchon fortfällt. Es können also nur entfernte Erinnerungen sein, die dem Künstler hier vorgeschwebt haben, Einflüsse, von denen wir nicht wissen, wie sie in die Pyrenäen gekommen sind. Die vollkommene Ornamentlosigkeit steht im Gegensatz zu den örtlich und auch wohl zeitlich nahestehenden Kirchen von Saint Bertrand de Comminges, Saint Béat, Saint Aventin und Saint Gaudens. Aber gerade das Fehlen jeglichen Schmuckes deutet darauf hin, daß unser Meister die erwähnten Zentralbauten nicht aus eigener Anschauung gekannt hat. Vielmehr scheinen ihm Orientfahrer von diesen Kirchen erzählt, ihm Grundriß und Raumbildung beschrieben zu haben. Hiernach hat dann der Meister sein Werk völlig urwüchsig geschaffen. Hätte er jene prunkvollen Bauten aus eigener Anschauung gekannt, wäre zweifellos ihr Reichtum an Schmuckformen nicht spurlos an ihm vorübergegangen, und er hätte sich nicht dazu entschließen können, bei seinem Werke ganz und gar auf Schmuckwerk zu verzichten. Mit ihrem Abbruch ist diese Kirche in Frankreich leider in Vergessenheit geraten, und es findet sich kaum irgendwo ein Hinweis auf das überaus wichtige Denkmal.

Vielleicht gehen auch noch andere unten den später genannten Kirchen auf die frühe Zeit vor 1000 zurück, ohne daß ihre Erscheinung, wie oben erwähnt, das deutlich oder einwandfrei erkennen ließe. Es kann also mit den Bauten des 11. und 12. Jahrhunderts begonnen werden.

Saint Béat.

Der Ort ist berühmt durch seine mächtigen Marmorbänke, die schon von den Römern ausgebeutet wurden. Der feinkörnige Stein, ähnlich dem von Paros und Karrara, hat unter anderen bei Saint Sernin und Saint Étienne in Toulouse Verwendung gefunden. Auch die Pfarrkirche von Saint Béat ist aus diesem Marmor erbaut worden. Sie ist eine dreischiffige, vierjochige Halle (Text-Abb. 11). Die Gewölbeanordnung ist die

2) Beziehungen zu Germigny des Prés habe ich trotz eingehender Untersuchungen nicht auffinden können, ebensowenig solche zu frühen spanischen Bauten.

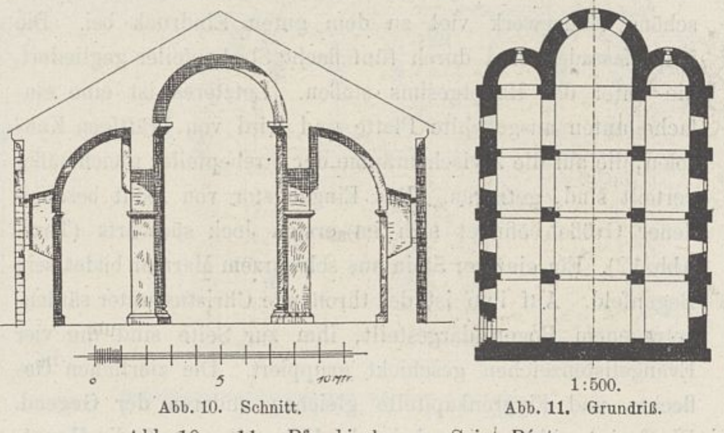


Abb. 10. Schnitt. Abb. 11. Grundriß.
Abb. 10 u. 11. Pfarrkirche von Saint Béat.

gleiche wie bei Valcabrère, nur daß hier den rechteckigen Pfeilern im Hauptschiff Halbsäulen vorgelegt sind (Text-Abb. 11). Alle drei Schiffe werden durch halbkreisförmige Apsiden abgeschlossen, Nord- wie Südseite sind in jedem Joche mit je einem Fenster versehen. Die drei Fenster der Hauptchornische sind stark verändert. Dort, wo der Chor nicht erneuert worden ist, macht sein Mauerwerk einen altertümlicheren Ein-

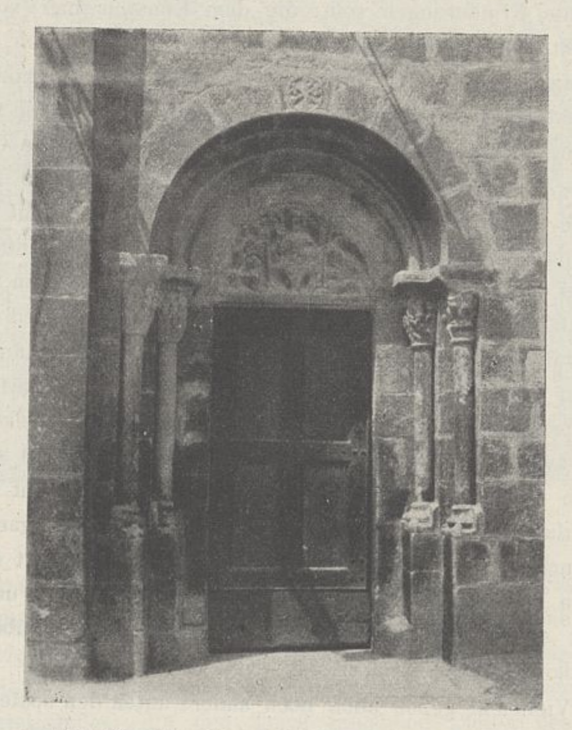


Abb. 12. Pfarrkirche von Saint Béat. Portal.

druck als das des Schiffes. Diese Tatsache berechtigt wohl zu der Annahme, daß ersterer vielleicht schon aus der Zeit der Gründung Saint Béats gegen das Jahr 1000 stammt, während das Schiff zweifellos dem Anfange des 12. Jahrhunderts angehört. Die schmuckliche Durchbildung aller Einzelheiten ist sehr gut und lehnt sich bei einzelnen Beispielen sehr stark an römische Vorbilder an. Unter den Kapitellen herrschen solche mit Blätterschmuck vor. Bisweilen kommen zu dem Blattwerk noch Fratzen und Masken von guter dekorativer Auffassung. Die Kämpfergesimse sind mit Rollenwerk und Kugeln, Taustab und kräftigen Fruchtstäben verziert. Frucht- und Rankenwerk schmückt auch die Sockel und Pfeiler, während die Säulenbasen von zwei kräftigen Wulsten mit Kehle dazwischen gebildet werden. Die Sockel der Säulen und Pfeiler sind einfache oben abgeschrägte Platten.

Im Äußeren trägt das etwas unregelmäßige, aber sehr schöne Mauerwerk viel zu dem guten Eindruck bei. Die Seitenfassaden sind durch fünf flache Strebepfeiler gegliedert, die unter das Hauptgesims stoßen. Letzteres ist eine einfache unten ausgekehlte Platte und wird von kräftigen Konsolen, die auf die Zwischenräume der Strebepfeiler gleichmäßig verteilt sind, getragen. Das Eingangstor von recht bescheidener Größe befindet sich im ersten Joch südwärts (Text-Abb. 12). Ein einziger Stein aus schwarzem Marmor bildet sein Bogenfeld. Auf ihm ist der thronende Christus unter säulengetragenem Bogen dargestellt, ihm zur Seite sind die vier Evangelistenzeichen geschickt gruppiert. Die zierlichen Geflecht- und Figurenkapitelle gleichen anderen der Gegend. Die drei Apsiden weisen keinerlei Unterteilung auf; die Hauptchornische ist mit einem Konsolengesims geschmückt. Die Westseite ist heute zum großen Teile durch einen niedrigen, neueren Vorbau und Treppenturm verdeckt, ihren oberen Abschluß hat der Wiederhersteller völlig verändert. Das ist um so bedauerlicher, als die Fassade die einzige im Comminges bekannte, bereits erwähnte, romanische Rose aufwies und außerdem noch einen größeren „clocher arcade" von besonders schöner und reicher Bildung hatte. Im ersten Stockwerk über der Rose waren die beiden Arkadenöffnungen durch einen breiten Pfeiler mit vorgelegten Säulen getrennt; darüber öffneten sich zwei weitere, wesentlich engere Arkaden, die durch zwei im Sinne der Mauerstärke gekuppelte Säulen getrennt waren. Sie hatten Korbbogenschluß, eine Seltenheit für die romanische Zeit. Die Bekrönung fehlt schon seit langem; man weiß nicht, welcher Art sie war.

Aulon

weist große Ähnlichkeit mit Saint Béat auf; dieselbe Anordnung der drei schmalen Schiffe, dieselben Gewölbe. Das Mittelschiff ist 4,20 m, die Seitenschiffe sind 3,20 m breit, das ganze Schiff umfaßt vier Joche. Der Chor hat als einziger im Comminges rechteckigen Abschluß. In der Stirnmauer des Mittelschiffes ist ein rundbogiges, schmuckloses Fenster 3 m über dem Fußboden angebracht, darüber noch ein gekuppeltes. Die Seitenschiffe werden durch ein kleines Fenster mit Rundbogenschluß und einem Rundfenster darüber erleuchtet. Die Gurtbögen sind breit und plump und werden von Pilastern mit kräftigen Kämpfern aufgenommen, denen an den Wänden ein sich durch die ganze Kirche ziehendes Gurtgesims entspricht. Der Chorbogen wird von vorgestellten Halbsäulen getragen. Die Säulenkapitelle sind reich gestaltet und mit Blättern und Früchten überladen, zwei korinthische Kapitelle römischen Ursprungs sind zu Weihwasserbecken hergerichtet worden. Die Kirche stammt aus dem 12. Jahrhundert und enthält noch einzelne Teile aus früherer Zeit im Chor und Hauptschiffe. Der ursprünglich einschiffigen Kirche wurden dann später Seitenschiffe hinzugefügt. Im 13. Jahrhundert kamen noch Emporen zu Verteidigungszwecken hinzu, mit drei Öffnungen im Chor, je fünf im Norden und Süden. Ein achteckiger Backsteinturm tolosaner Art wurde im 14. Jahrhundert über der Vierung errichtet. Der dreigeschossige Turm gleicht der Bauart, die sich von der Jakobinerkirche in Toulouse ableitet, die aber als fremde Bildung hier nicht gezeichnet und beschrieben werden soll. Ich verweise auf die demnächst erscheinende Arbeit meines Reisegenossen Hochfeld über die Backsteinkirchen der Tolosaner Schule.

Saint Gaudens.

Der Ort ist Hauptstadt des gleichnamigen Arrondissements und mit annähernd 7000 Einwohnern die größte Stadt des Comminges. Die Kirche auf dem Bergeshange, der steil zur Garonne abfällt und das Gelände weithin beherrscht, steht auf den Grundmauern eines frühen Baues. Nachdem der hl. Sarturninus die blühende Römerstadt Lugdunum Convenarum zur neuen Lehre bekehrt hatte, baute er abseits einige Stunden entfernt an der Garonne das erste christliche Heiligtum der Gegend zu Ehren des hl. Petrus, das von den arianischen Westgoten zu Ende des 5. Jahrhunderts zerstört

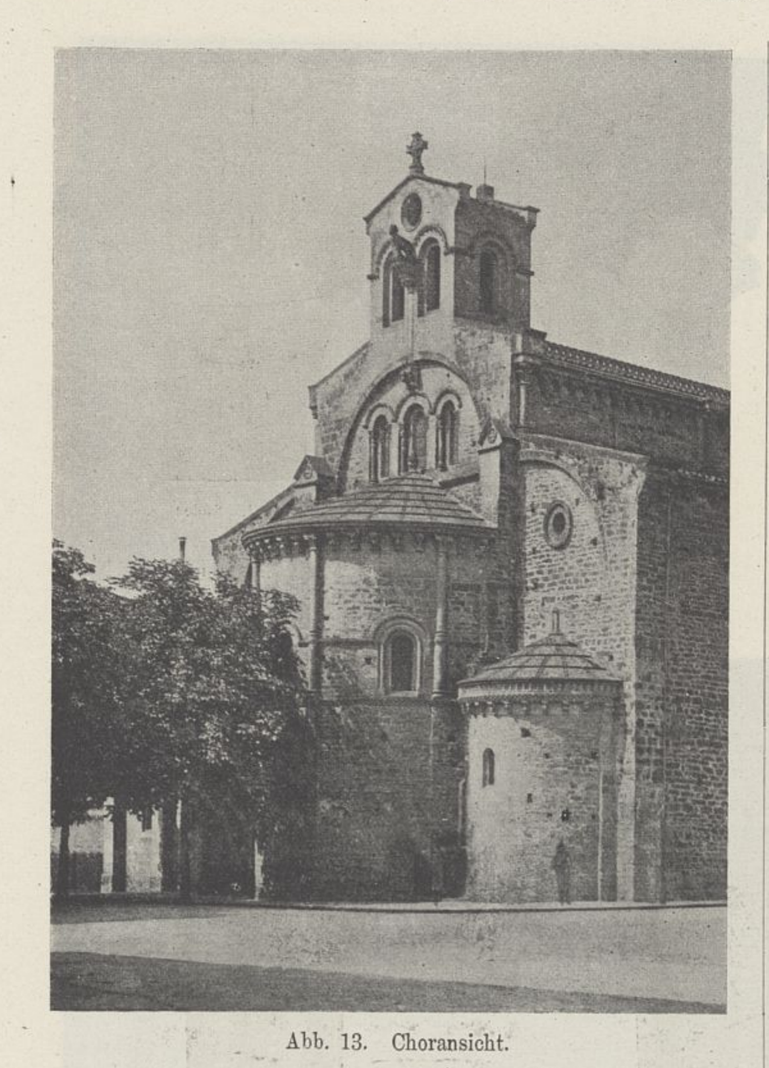


Abb. 13. Choransicht.

wurde. Später ward es von neuem aufgebaut und dem hl. Gaudens geweiht, der an dieser Stelle, in der nach ihm benannten Stadt Saint Gaudens, den Märtyrertod erlitten hatte. Diese unter der Herrschaft der Franken im 6. Jahrhundert erneuerte Kirche war ein bescheidenes Bethaus, das der anwachsenden Gemeinde bald nicht mehr genügte und noch zu Ende desselben Jahrhunderts durch einen massigen, weiträumigen Bau ersetzt wurde. Reste dieser Kirche sind noch heute im Mauerwerk des Chores unterhalb des Gurtgesimses der Hauptapside erhalten. Bei der Erneuerung im Jahre 1856 fand man außerdem noch mehrere Halbsäulen von einer Blendbogenstellung im Chore, ferner rohe Kapitelle und Bildhauerarbeiten mit Resten von Bemalung; über den Gewölben fanden sich noch die Überbleibsel einer Mauer, die vielleicht zwei Türme miteinander verbunden hat. Der Fußboden konnte auch noch 1,70 m unter dem heutigen festgestellt werden. Diese frühe Kirche war dreischiffig wie die jetzige und von beträchtlicher Größe; sie war 21 m breit, 27 m lang und 7 m hoch. Der Chor nahm die Apside des Mittelschiffes ein und war durch Öffnungen mit den Seitenapsiden verbunden, eine Anordnung, wie sie schon bei Valcabrère erwähnt wurde. Wann und wodurch diese Kirche vernichtet wurde, wissen wir nicht.

Gegen das Jahr 1000 wurde ein Kapitel von Domherren gegründet, die unter der Augustiner-Regel in einem Konvent neben der Kirche lebten; gleichzeitig wurde die Kirche selbst wieder hergestellt und vergrößert, Arbeiten, die nur langsam gefördert und erst gegen Ende des 12. Jahrhunderts beendet wurden (Text-Abb. 14). Die ältesten Teile des heutigen Baues sind der Chor und das anstoßende Joch; es folgten die beiden nächsten Joche und zuletzt nach einer längeren Pause die beiden letzten mit dem Turm. Die verschiedenen Bauabschnitte sind besonders durch die Einzelheiten leicht voneinander zu scheiden. Auffallend ist die große Abhängigkeit von Saint Sernin in der ganzen Anlage, der Gewölbeanordnung, besonders aber in den Einzelheiten, die mitunter Nachbildungen gleichkommen. Die Verhältnisse von Saint Gaudens weichen allerdings erheblich von denen der Tolosaner Kirche ab; doch wenn, wie das Viollet-le-Duc nachweist, dieselben bei letzterer offenbar

Abb. 14. Grundriß.

Abb. 15. Querschnitt *A B*.

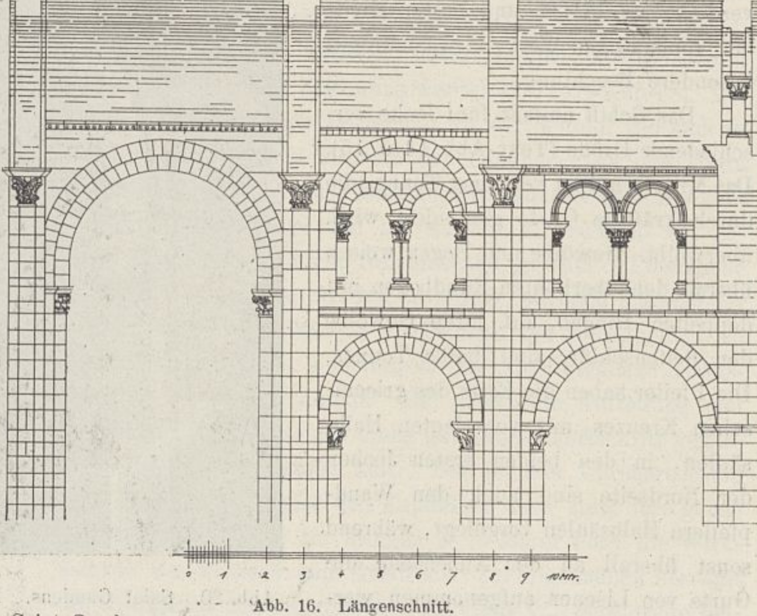
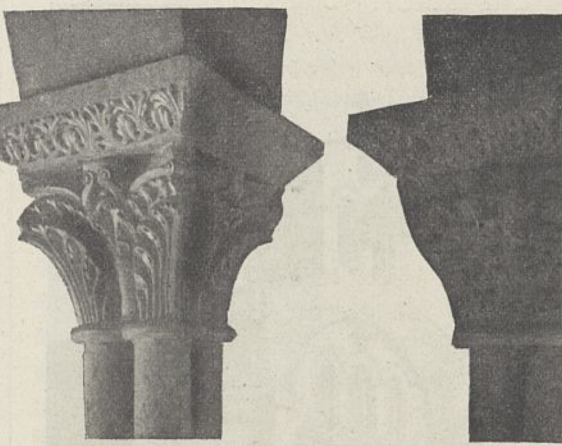


Abb. 16. Längenschnitt.

Abb. 13—16 Saint Gaudens.



Abb. 17.



Joch II. Süden. Joch I. Süden.

Abb. 19.
Kapitelle der Viersäulenbündel auf den Emporen.

Abb. 17 u. 18. Kapitelle der Halbsäulen im Schiffe.



Abb. 18.



Joch I. Norden.



Joch II. Norden.

durch ein Netz gleichseitiger Dreiecke gefunden wurden, so hat sich in Saint Gaudens bei veränderten Grundbedingungen (drei Schiffe statt fünf und infolgedessen geringere Breite) diese Abweichung von selbst ergeben; denn auch hier wird ein solches Netz der Festsetzung der Verhältnisse zugrunde gelegen haben. Die Kirche verdient als größte und besterhaltene der romanischen Zeit im Comminges besondere Beachtung.

Das Schiff umfaßt fünf Joche verschiedener Größe (Text-Abb. 14 u. 15). Das Mittelschiff ist von einer Tonne, die durch kräftige Gurte gegliedert wird, überwölbt. Gewölbe und Bogen weisen überall den überhöhten Rundbogen mit doppelten Ringen auf. Die Gewölbe der Seitenschiffe sind halbe Tonnen. Die Pfeiler haben die Form des griechischen Kreuzes mit vorgelegten Halbsäulen, in den beiden ersten Jochen der Nordseite sind auch den Wandpfeilern Halbsäulen vorgelegt, während sonst überall an der Außenseite die Gurte von Lisenen aufgenommen werden. Ein Blick auf den Grundriß (Text-Abb. 14) zeigt, daß die Pfeiler in den neueren Jochen untereinander verschiedentlich abweichen. In den Seitenschiffen ber beiden an die Apsiden stoßenden Joche ist eine dunkle Empore nach auvergnatischem Vorbilde angeordnet (Text-Abb. 16). Praktischen Zwecken, also Bedürfnissen des Kirchendienstes, haben diese Emporen nie gedient. In unserem Falle sind sie nur umständlich über eine enge, steile Wendeltreppe und einen schmalen Gang in der Außenmauer zu erreichen. Über dem Erdgeschoß mit Kreuzgewölben ohne Rippen erhebt sich ein mit Halbtonnen eingewölbtes Obergeschoß, das sich nach dem Schiff zu durch Bogenstellungen öffnet. Der konstruktive Zweck der Anordnung ist, durch die wagerechte Verspannung dem Seitenschub der Mittelschiffgewölbe entgegenzuwirken; gleichzeitig hat der Künstler die Möglichkeit, einen der Basilika nahekommenden Raum zu schaffen; denn das Hauptschiff kann nun wesentlich schlanker gestaltet

Abb. 20. Saint Gaudens. Blick in die Gewölbe.



Abb. 21. Saint Gaudens. Blick nach dem Chor.

werden, ohne daß für die Standsicherheit des Baues zu fürchten wäre. In diesen Kirchen hat die auvergnatische Schule ganz bedeutende Raumwirkungen hervorgebracht, die zu dem Besten zählen, was die romanische Zeit überhaupt geschaffen hat. Obenan steht Saint Sernin in Toulouse, das Vorbild für unsere Kirche. Der Raumeindruck beider ist ähnlich, nur, daß der von Saint Gaudens freier ist (Text-Abb. 21) und manche Fehler, die bei Saint Sernin den Gesamteindruck stören, glücklich vermeidet. So hat der Künstler von Saint Gaudens erfreulicherweise die übergroße Schlankheit des Hauptschiffes und die gestelzten Verhältnisse der Arkaden nicht übernommen. Letztere sind zwar in den beiden mit Emporen versehenen Jochen noch etwas eng, in den übrigen jedoch wesentlich weiter und gestatten hier einen freien Durchblick durch alle Schiffe. Auch das Fehlen der Emporen in den drei letzten Jochen ist der Raumwirkung entschieden nur von Vorteil, denn diese treten nun in einen wirksamen Gegensatz zu dem Chor. Der lichten Weite des Schiffes steht der düstere Ernst des Chores in trefflicher Steigerung gegenüber.

Gemäß den verschiedenen Bauzeiten weisen die einzelnen Joche eine Reihe Sonderheiten auf. Zunächst sind schon die beiden Emporenjoche recht verschieden. Beide sind durch eine fensterartige Doppelarkadenöffnung mit dem Schiff verbunden (Text-Abb. 16). Die Höhen der Säulen und Bögen weichen jedoch erheblich voneinander ab. Im ersten Joche liegt die ganze Bogenstellung in einer rechteckigen Nische. Der wagerechte Sturz sitzt hart auf den Scheiteln der Bögen, und diese Doppelöffnung oben ist enger als die entsprechende Bogenöffnung unter ihr. Die Anordnung der Doppelarkade mit Entlastungsbogen von der ganzen Breite der unteren Öffnung im zweiten Joch entspricht haarscharf dem Vorbilde Saint Sernin. Die oberen abschließenden Gurtgesimse unterscheiden sich der ganz verschiedenen Gestaltung entsprechend bedeutend in der Höhe, die unteren dagegen nur unwesentlich.

Das dem Fußboden der Emporen entsprechende Gurtgesims durchläuft den ganzen Chor und wiederholt sich als Konsolengesims an der Außenseite der Mittelpfeiler, sowie den Mauern der drei ersten Joche. In den beiden letzten tritt eine unten abgeschrägte Platte an ihre Stelle. Auch das obere Gurtgesims, das durch Rollenwerk im ersten, Konsolen im zweiten und Kugeln im dritten Joch verziert ist, nimmt hier die gleiche einfache Gestaltung an, wie das untere Band. Die Tonne des Hauptschiffes setzt höher an als die Gurtbögen. Das Gurtgesims und mit ihr die Tonne beginnen hart über dem Scheitel der Arkaden. Im dritten Joche tritt an der nördlichen Außenmauer ein Schildbogen unter dem Gurt auf, der noch etwa 1 m weit in das vierte fortgesetzt, dann aber aufgegeben worden ist. Der Gewölbeanfang liegt in den Seitenschiffen außen etwa 20 cm tiefer wie innen. Dieser geringe Unterschied kann auf die Schubverteilung keinen Einfluß ausgeübt haben; es scheint also eher eine Ungenauigkeit in der Ausführung als statische Maßnahme in Betracht zu kommen. Die beschriebene Anordnung hat die konstruktiven Vorzüge der Hallenkirchen, die Raumgestaltung nähert sich der Basilika; aber die schlechten Belichtungsverhältnisse sind ihr größter Fehler. Hier in Saint Gaudens sorgen auch die Fenster der Seitenschiffe allein für die Beleuchtung (Text-Abb. 20). Dieser Übelstand ist hier im Vergleich zu Schwesterkirchen noch gemildert durch die verhältnismäßig weite Pfeilerstellung der letzten Joche. Die Emporen bleiben dunkel; je ein Ochsenauge von 75 cm Durchmesser auf der Ostseite ist ihre einzige unmittelbare Lichtquelle (Text-Abb. 13).

Eine besondere Würdigung verdienen die prächtigen Kapitelle der Halbsäulen im Schiffe (Text-Abb. 17). Hier treten die einzelnen Bauabschnitte wieder deutlich zutage. Je weiter man sich vom Chore entfernt, desto plumper, ausdrucksloser und schlechter in der Zeichnung werden sie (Text-Abb. 18). Der Meister steht in enger Beziehung zu der Schule, die sich zu Ende des 11. Jahrhunderts in der Languedoc an den Ufern der Garonne mit Toulouse als Hauptsitz gebildet hat. Sie geht durchaus eigene Wege und hat sich im allgemeinen von antiken Einflüssen ziemlich freizumachen gewußt. Pflanzliche und figürliche Motive werden bevorzugt, oft auch miteinander vermengt. Stets überrascht die Feinheit der Einzelheiten, zu denen der prächtige, einheimische Kalkstein geradezu herausgefordert zu haben scheint. Die geschickte Aufteilung und strenge Behandlung zeigen einen gewaltigen Fortschritt gegenüber der vorhergehenden Zeit. Bei feinster Durcharbeitung aller Einzelheiten bleibt den Kapitellen doch stets ihre ganze Masse erhalten, und sie bringen so in klarer Form die Wirksamkeit des Tragens zum Ausdruck. Im allgemeinen herrscht die Grundform des korinthischen Kapitells vor, vereinzelte Bei-

spiele halten sich noch an die des Würfelkapitelles. In dem zellenartigen Überziehen der ganzen Masse mit den gleichen, kleinen, pflanzlichen oder geometrischen Grundmustern zeigt sich unverkennbarer byzantinischer Einfluß, nicht minder in der Einzelbehandlung, doch ist stets gleichzeitig eine starke eigenartige Weiterbildung wahrzunehmen. Diese Kapitelle gehören zum Feinsten und Vollendetsten, was die Kunst dieser Zeit überhaupt hervorgebracht hat. Besonders schön sind die Mittelkapitelle über den Säulenbündeln der Emporen (Text-Abb. 19). Auch der Behandlung der Kämpferplatten ist viel Sorgfalt zugewandt worden. Hier ruft die Zeichnung Erinnerungen an orientalische, gewebte Bänder wach. Die Kapitelle mit figürlichen Darstellungen stehen den erstgenannten an künstlerischem Werte weit nach. Hier fehlen eben die Vorbilder, die dort immerhin eine große Rolle spielen. Säulenschäfte, Basen und Sockel weisen nichts Besonderes auf.

Soweit das eigentliche Schiff. Drei halbkreisförmige Apsiden bilden den Abschluß im Osten; die Hauptchornische ist reich gegliedert; zwei Reihen Blendbögen, durch ein Gurtgesims getrennt, sind übereinander angeordnet (Text-Abb. 13). Die obere enthält drei kleine Fenster und wird wiederum durch einen Gurt mit Rollenwerk abgeschlossen; darüber setzt die Halbkuppel an. Die Schildmauer über dieser, der Triumphbogen, enthält dann nochmals eine Doppelöffnung mit Entlastungsbogen von gleicher Ausbildung, wie bei den zweiten Emporen, nur daß in der Mitte, statt des Viersäulenbündels eine einzige kräftige Säule angeordnet ist. Hinter dieser Öffnung führt ein Gang einher. Von ihm aus steigt man über Treppen zu den Emporen hinab. Durch eine Dreifenstergruppe wird dieser Gang von außen her erhellt. Die Anordnung des schmalen Ganges zu den Emporen, seine Fortführung von diesen aus über den Chor hinweg, mag vielleicht aus strategischen Rücksichten erfolgt sein, bestimmte Beweise dafür sind jedoch nicht vorhanden. Die Westseite des Schiffes schließt der Turm ab. In seinem Erdgeschoß enthält er eine Vorhalle, die von einer Art romanischen Kreuzgewölbes mit plumpen Rippen von rechteckigem Querschnitt überwölbt wird. Diese Rippen, die gleicherweise auch im Moissac vorkommen, können in keiner Beziehung stehen zu den gleichzeitigen, gotischen Bildungen des Nordens, stellen vielmehr einen vereinzelten Versuch dar, der das Motiv keineswegs verallgemeinern will. Runde Fenster erleuchten diese Vorhalle.

An dem Äußeren der Kirche kann man nicht allzuviel Freude mehr haben. Im Jahre 1856 ist der Bau, da seine Gewölbe sehr schadhaft geworden waren, und besonders der Chor sich innen und außen in arg verwahrlostem Zustande befand, völlig erneuert worden. Während man nun im Innern sehr vernünftig vorging und vornehmlich die Schäden ausbesserte, ist die Fassade an einzelnen Stellen geradezu entstellt worden. Der Architekt hat einfach seiner Phantasie die Zügel schießen lassen. Wo keine alten Reste vorhanden waren, hat er willkürlich ergänzt, und statt dabei sich wenigstens dem Alten bescheiden unterzuordnen, sind gerade diese neuen Teile die anspruchsvollsten. Am besten ist noch die Nordseite fortgekommen. Hier ist nur der Treppenturm höher geführt und mit einer Krönung versehen, das Hauptgesims wie am ganzen Bau erneuert worden. Die Strebepfeiler, der Höhe nach öfter abgetreppt, treten weiter als sonst üblich vor und endigen unterhalb des Hauptgesimses. Die Fenster mit Rundbogenschluß, verschieden in ihrer Größe und Höhe über dem Fußboden, werden von einem Rollenstabbande eingerahmt. Den zur Empore führenden Gang erleuchten an dieser Seite zwei Rundfenster, desgleichen den Treppenturm. Das gotische Hauptportal im letzten Joch stammt aus dem 15. oder 14. Jahrhundert. In seiner Leere und Sprödigkeit liefert es einen neuen Beweis, wie wenig die Leute hierzulande die Gotik verstanden. Die Südseite ist am einfachsten gehalten, weil an sie das Kloster anschloß. Von diesem haben sich nur noch die Grundmauern des kleinen Kapitelsaales erhalten, der an das erste Joch grenzte und heute wieder hergestellt als Sakristei dient. Der Turm an der Westseite ist nur wenig über das Schiff hochgeführt, also unvollendet geblieben. Er ist von Grund auf erneuert und vollendet worden. In seinem Erdgeschoß befindet sich wie bei Saint Bertrand de Comminges ein Westportal, hier ist es jedoch nur Nebeneingang. Der Chor endlich hat am meisten an die Rücksichtslosigkeit des Wiederherstellers glauben müssen (Text-Abb. 13). Insbesondere ist der neuzeitliche, unpassende Aufbau Erfindung des Architekten. Nach einer Zeichnung bei Cenac-Moncaut waren davon lediglich das letzte Stück der Säule und die sie tragende Konsole unter dem Scheitel des mittleren Entlastungsbogens vorhanden. Erneuert wurden hier ferner einige Fenster, die Strebepfeiler zu beiden Seiten der Hauptapside, vor allem aber in der aufdringlichsten Weise Gesimse und Abdeckungen aller drei Apsiden. Die Gesamtgestaltung erinnert an auvergnatische Vorbilder. In den verschont gebliebenen Teilen läßt sich noch die alte Schönheit erkennen.

Kathedrale und Kloster Saint Bertrand de Comminges.

Schon die Lage von Saint Bertrand de Comminges ist eine der eigenartigsten ganz Frankreichs und sucht selbst in den Pyrenäen ihresgleichen. Durch sich ihr entgegenstellende Berge wird die Garonne bei Barbazan plötzlich gezwungen, ihren Lauf nach Norden aufzugeben und sich einige Kilometer weit nach Westen zu wenden. Dabei bildet sie zu ihrer Linken die kleine, enge Ebene von Valcabrère. Den Abschluß dieses Tales bewirkt der Felsenhügel, auf dem Saint Bertrand de Comminges erbaut ist, und den tiefe Schluchten auf allen Seiten von den ersten Pyrenäenketten trennen. Neste und Garonne fließen zu seinen Füßen hin; auf der Bergesspitze steht die Kathedrale kühn in den Felsen hineingebaut (Text-Abb. 22). Um sie herum gruppieren sich im Kreise an den Bergrücken geklebt bescheidene Häuslein, sich eng an die alten Befestigungsmauern anschmiegend. Gerade sie geben in ihrer Anspruchslosigkeit und Kleinheit einen trefflichen Maßstab für die gewaltige Masse der Kathedrale ab. Zu Füßen des Berges dehnt sich die Vorstadt aus, immer noch ein wenig bevölkerter als die eigentliche Stadt auf dem Giptel. Das alles zusammen zählt heute an 600 Einwohner, die durch Familienüberlieferungen hier festgehalten werden und denen wir es danken, daß das alte Lugdunum heuer keine tote Stadt ist. Das Gefühl tiefer Einsamkeit ergreift gleichwohl den Wanderer, der die verlassene Gegend aufsucht und nicht wenig überrascht ist über die auf ihn einstürmenden Eindrücke. Man glaubt sich in ein Zauberland versetzt. Die Kathedrale ist der

einzige Zeuge vergangener Größe, bei ihr vereint sich alles harmonisch zu einem Ganzen: Lage, Stimmung, Kühnheit der Konstruktionen, der überwältigende Eindruck der ungeheuren Massen und der Reiz tausend schönheitstrotzender Einzelheiten. Geschichtliche Erinnerungen knüpfen sich an jeden Stein. Alles kommt hier zusammen, um einen ungewöhnlich hinreißenden Eindruck hervorzurufen, den keine Feder wiedergeben kann. Von wo man den Felsen mit seiner stolzen Bekrönung betrachten mag, überall ergeben sich fesselnde Bilder.

Von Lugdunums Größe und Fall ist schon die Rede gewesen. Als die Franken es im Jahre 586 zerstört hatten, erinnerte nur noch ein mächtiger Schutthaufen an vergangenen Glanz. Lange Zeiten schlimmster Unordnung folgten für das ganze Land; zwei Jahrhunderte vergingen, ehe der einzelne wieder Aussicht zu haben begann, ruhig und unbehelligt sein Dasein zu führen. Langsam nur kehrten nach und nach Ansiedler in die Ebene von Lugdunum zurück, um sich hier aus den Resten antiker Bauten ihre bescheidenen Hütten zu erbauen. Allmählich begann das Tal sich wieder zu bevölkern, aber noch waren die Zeiten zu unruhig, um größere Bauten in Angriff zu nehmen. Die Akropole blieb fünf Jahrhunderte im Staube liegen, bis der berühmte Bischof Bertrand de l'Isle, ein gleich ausgezeichneter Kirchenfürst und Krieger, nach seiner Ernennung im Jahre 1073 hier eine neue Stadt entstehen ließ. Allmählich entstand die mittelalterliche Stadt, die von ihrer Gründung an Sitz der Bischöfe von Comminges war. Die Bedeutung des alten Lugdunum hat sie jedoch nie wieder erreichen können.

Auch eine Kirche wurde bald auf dem Gipfel des Felsens in Angriff genommen und dem kriegerischen Geist der Zeit entsprechend als Festung und Kathedrale zugleich erbaut. Von diesem ursprünglichen, 1120 gegründeten und gegen 1140 vollendeten Bau sind uns nur die Westfassade mit Turm, zwei Innenpfeiler sowie fast sämtliche Grundmauern erhalten geblieben. Durch letztere sind wir in der Lage, uns ein ziemlich genaues Bild der romanischen Kathedrale zu machen. Diese war wesentlich kürzer als der heutige Bau und umfaßte wahrscheinlich vier Joche, mit einer Tonne im Hauptschiff und Halbtonnen in den Seitenschiffen nach der schon öfter erwähnten Anordnung. Die gewaltigen Pfeiler hatten die Form des griechischen Kreuzes mit vorgelegten Halbsäulen. Zwei von ihnen, zugleich Träger des Turmes, sind erhalten geblieben (Text-Abb. 24). Das vierte Joch von Westen aus umfaßte das Querschiff, die Grundmauern an dieser Stelle lassen keinen Zweifel darüber, daß ein solches vorhanden gewesen ist. Der östliche Abschluß ist in seiner Form nicht mehr festzustellen. Im Westen wuchs der Turm in seiner heute noch erhaltenen Gestalt aus dem ersten Joche empor.

Abb. 22. Saint Bertrand de Comminges. Ansicht von Nordosten.

Die von Bertrand de l'Isle errichtete Kathedrale wurde einer der berühmtesten und meistbesuchtesten Wallfahrtorte der Welt. Eine wesentliche Vergrößerung des Baues stellte sich bald als umumgängliche Notwendigkeit heraus. Aber die nächsten Nachfolger des hl. Bischofes konnten sich nicht entschließen, sein berühmtes Werk anzutasten. Erst gegen Ende des 13. Jahrhunderts faßte der Bischof Bertrand de Goth den Plan, dem dringenden Bedürfnis nachzugeben und die Kirche entsprechend umzubauen und zu vergrößern. Unter seinem Nachfolger wurden die Arbeiten im Jahre 1304 in Angriff genommen. Unter dem Bischofsamt des Hugues de Chatillon wurden die Gewölbe 1349 vollendet. Dabei wurde der ursprüngliche Bau, so viel wie eben angängig, geschont. Die Breite blieb dieselbe, Höhe und Länge wurden beträchtlich vergrößert. Die Pfeiler, mit Ausnahme der beiden ersten, wurden entfernt. Eine mächtige einschiffige Halle sollte geschaffen werden (Text-Abb. 24). Aus dem Querschiff entstanden beiderseits Doppelkapellen, denen sich neun weitere Kapellen, zwischen die Widerlagsmauern gespannt, anschlossen. So stellt sich der Bau heute als das Ergebnis zweier Zeitabschnitte dar; da auch viel Römisches Verwendung gefunden hat und der innere Ausbau in der nachmittelalterlichen Zeit vorgenommen wurde, so haben fast alle Stile zu diesem gewaltigen Baudenkmale beigetragen.

Seiner äußeren und inneren Gestaltung nach gehört Saint Bertrand de Comminges zu jener Reihe von einschiffigen, befestigten Saalkirchen, die sich im 14. Jahrhundert in ganz Südfrankreich und Spanien außerordentlicher Beliebtheit erfreuten, und als deren bedeutendster Vertreter die Kathedrale von Albi gilt. Die Entwicklung geht darauf hinaus, weite unbeengte Räume zu errichten. Der durch die Albigenserkriege hervorgebrachten Gepflogenheit, in den Kirchen gleichzeitig Wehrbauten zu schaffen, leistete der einschiffige Saalbau weitgehendsten Vorschub. Über die Entstehung dieser geistreichen Planung, über die Einflüsse, die in ihre Entwicklung, insbesondere auch in die Schaffung der Kapellenreihen zwischen den Strebepfeilern, hineinspielen, herrscht noch einiges Dunkel. Es ist viel darüber geschrieben

worden; aber nennenswerte Ergebnisse hat bis jetzt noch niemand gebracht. Tatsächlich scheint die Entwicklung gar nicht so viel Befremdendes zu haben. Viollet-le-Duc will gar die Ursprünge in antiken Bauten von der Art der Konstantinsbasilika suchen, bei denen sich gegen eine mächtige Haupttonne kleine querlaufende Nebentonnen stützen. Aber der einschiffige Raum war doch von jeher der Günstling des südlichen Frankreichs gewesen, ja selbst bei den mehrschiffigen Anlagen geht das Streben stets darauf hinaus, alles Trennende im Raume zu beseitigen oder doch mindestens so viel wie möglich zu mildern. Dazu kommt, daß diese Kirchen mit ihrer Kapellenreihe zwischen den Widerlagern dem kirchlichen Bedürfnis einer gesonderten Aufstellung der Nebenaltäre und Beichtstühle außerordentlich entgegenkamen; ein Umstand, der die große Verbreitung dieser Grundform in der nachmittelalterlichen, besonders in der Jesuitenzeit in allen Ländern mit sich gebracht hat. Zuletzt mag noch darauf hingewiesen sein, daß das ganze bauliche Gerüst trotz aller gotischen Formen rein romanisch ist. Die ganze Gliederung wäre dieselbe, wenn der Raum von einer Tonne überwölbt wäre und die Kapellen durch Seitenschiffe mit Quertonnen ersetzt wären, eine Anordnung, die im 11. und 12. Jahrhundert in Frankreich oft genug vorkommt. Die Gotik ist bei diesen Bauten nichts als ein neues Gewand, das sich im Gefolge kriegerischer Ereignisse Eingang verschafft hatte, aber nur mit größter Zurückhaltung und erheblichen Einschränkungen angenommen wurde. Der Norden hat ja auch in den „Saintes Chapelles“ die gleiche Raumanordnung gebracht, aber eine Beeinflussung der erwähnten Bauten von dieser Seite liegt nicht vor. Ebenso kommen spanische Einflüsse nicht in Betracht; denn die dortigen maßgebenden Vertreter dieser Gattung, die Kathedrale von Gerona und Santa Maria del Mar in Barcelona liegen zeitlich hinter der Kathedrale von Albi zurück, deren Plan schon in den Jahren 1277 bis 1282 festgelegt worden war.

Abb. 23. Zwei Joche des Schiffes.

Bei der Betrachtung soll das westlichste Joch in seiner ursprünglichen, romanischen Gestalt vorweggenommen werden (Text-Abb. 24). Sein Mittelschiff trägt den Turm und ist mit einer spitzbogigen Kuppel versehen. Diese ist der Überlieferung nach kurz vor dem Tode des hl. Bertrand im Jahre 1123 vollendet worden, für diese Zeit hat das Vorkommen des romanischen Spitzbogens, der sich noch öfter im Comminges findet, nichts Überraschendes. Gegen den Turm stützen sich die Halbtonnen der ehemaligen Seitenschiffe. Der ganze übrige Teil des Schiffes zeigt die einheitliche spätere Überwölbung; es sind das vier weitere Joche und der vieleckige Chorschluß. Den 16 m breiten Raum überspannt ein einziges Kreuzgewölbe mit Diagonalrippen vom Querschnitt des abgekehlten Vierkantstabes. Die stärkere Betonung der Gurte, entgegen dem nordischen Gebrauche, trägt zu dem Entstehen eines der Tonne nahe kommenden Eindruckes auch noch erheblich bei. Den Gewölbeschub nehmen die Strebepfeiler auf. Die Seitenkapellen, elf an der Zahl, sind zwischen ihnen angeordnet, ohne selbst irgendwelche konstruktive Wirksamkeit zu haben. Infolgedessen war der Baumeister auch bei ihrer Höhe keineswegs gebunden, und so kommt es, daß sie in der Höhe beträchtlich voneinander abweichen. Sie öffnen sich in einfacher oder gekuppelter Spitzbogenöffnung nach dem Schiffe zu. Je weiter man sich von dem Chor entfernt, desto höher schneiden ihre Scheitel in das Schiff ein. Die beiden ersten Doppelkapellen links und rechts (von Westen aus) sind aus späterer Zeit als die übrigen einfachen Kapellen. Die beiden Spitzbogenstellungen werden bei ihnen durch einen schlanken Pfeiler getrennt; ihre Scheitel schneiden in das Gurtgesimse ein, während die aller übrigen unterhalb desselben liegen. Beide schließen rechteckig innen und außen und haben Netzgewölbe, außerdem liegen sie im Gegensatz zu allen anderen mit dem Fußboden der Kirche nicht auf

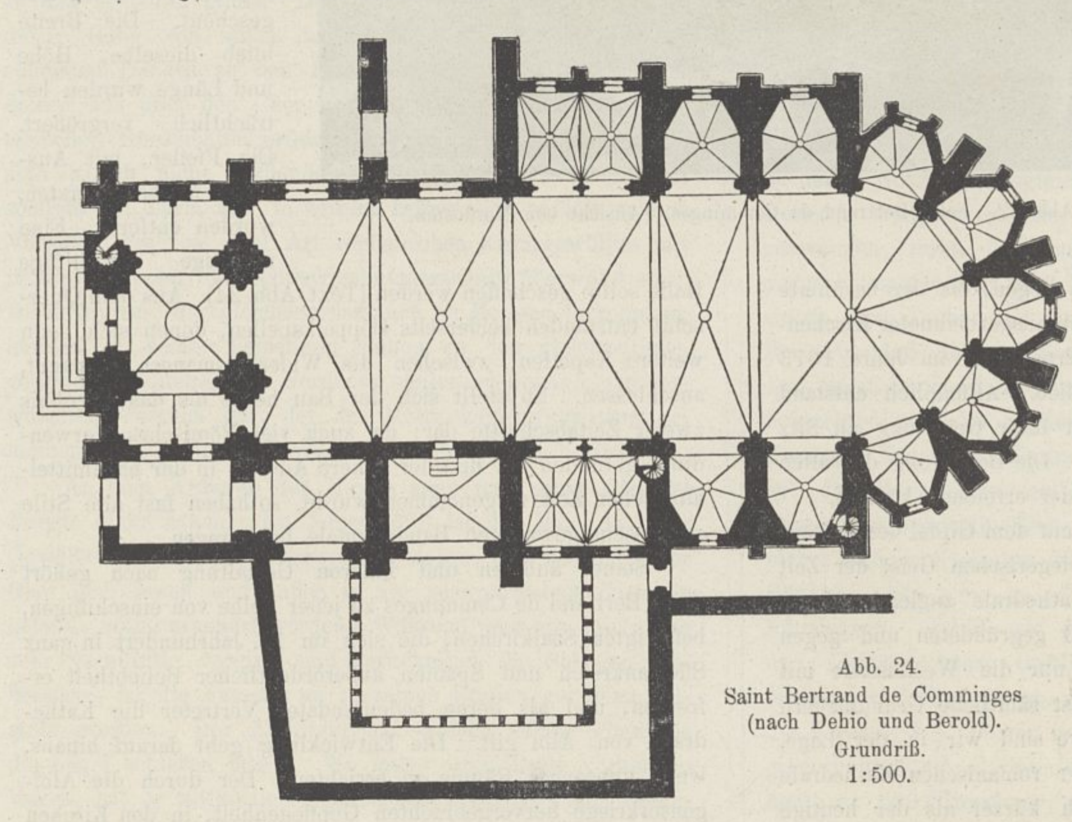


Abb. 24.
Saint Bertrand de Comminges
(nach Dehio und Berold).
Grundriß.
1:500.



Abb. 25. Saint Bertrand de Comminges. Ansicht von Südwesten.

einer Höhe. Zu der südlichen führen 14 Stufen empor; unter ihr liegt zum Kloster gehörend eine Art Grabkrypta nach Süden offen und die Fortsetzung des Kreuzganges auf der vierten Seite bildend. Diese „galerie des tombeaux“ mit überhöhten vierteiligen Kreuzrippengewölben umfaßt fünf Joche. Tiefe Schildbögen bilden nach der Kirche zu Nischen, in denen Sarkophage in reizvoller Weise aufgestellt sind. Die Kapelle darüber, selbst ohne Bedeutung, soll später den Domherren als Sakristei gedient haben. Die

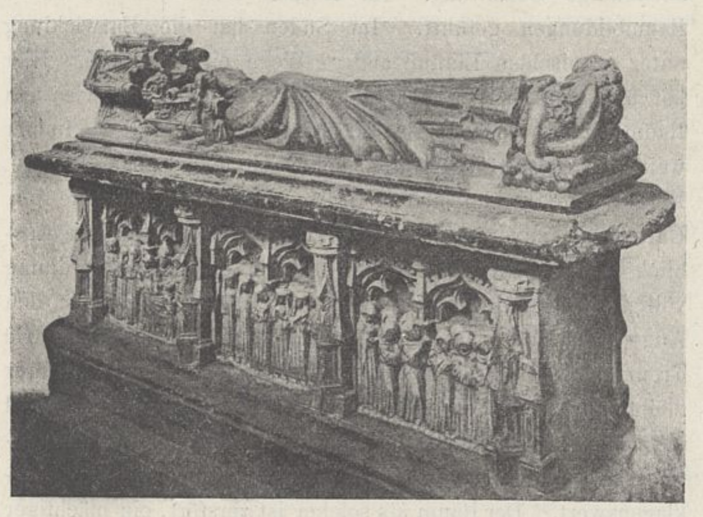


Abb. 26. Saint Bertrand de Comminges.
Grabmal des Hugues de Chatillon.

gegenüberliegende nördliche Doppelkapelle, die „Chapelle de Notre Dame“, liegt drei Stufen über dem Kirchenboden ebenfalls über einer Grabkrypta, deren Sarkophage heute verschwunden sind. Diese Kapelle verdankt ihre Berühmtheit dem an ihrer Brüstung aufgestellten Sarkophage des Hugues de Chatillon, jenes Bischofs, der den Erweiterungsbau der Kathedrale zu Ende geführt hat (Text-Abb. 26). Das in weißem Marmor errichtete Grabmal verdient wegen seiner äußerst feinen Durcharbeitung besondere Beachtung. Auf dem Deckel ruht der Kirchenfürst in vollem Ornate. Ihm zu Häupten kniet jederseits ein trauernder Engel, zu seinen Füßen ist ein Löwe gelagert, der in den Krallen ein Hündchen festhält. Der Sockel wird beiderseits durch Fialenwerk in drei Teile geteilt, auf denen der Trauerzug des Prälaten dargestellt ist. Singend, betend, weinend folgt der geistliche Stand seinem Fürsten. Erhebend und voll Innigkeit ist die Trauer bei den einzelnen Mönchen und Nonnen zum Ausdruck gebracht. Die Kapelle wird erleuchtet durch eine Rose mit gut erhaltenen, alten Glasmalereien, einer prächtigen Pieta, und einem spitzbogigem Fenster, das leider nur geringe Reste seines früheren Schmuckes bewahrt hat. Von dem alten Altare hat sich nur das bemalte Retabulum erhalten. Die Fresken der Kapelle, die zwölf Apostel und die Himmelfahrt Christi darstellend, sind neuerdings ausgebessert worden.

Die übrigen neun Kapellen stammen aus der Zeit der Erbauung des Schiffes und sind ganz im Stile des 14. Jahrhunderts gehalten. Die fünf der Chornische sind vieleckig innen und außen, die übrigen vier nur innen, während sie außen rechteckigen Abschluß gefunden haben. Allesamt haben sechsteilige Kreuzrippengewölbe und werden durch einfache spitzbogige, hochgestellte Fenster über den Altären erhellt. Die Fußböden sind mit Grabplatten bedeckt. Die Wände schmücken Epitaphien. Die Altäre sind teils neu, alle aber ohne Bildwände, diese sind in den Religionskriegen und in der Revolutionszeit verschwunden. Die Gemälde, die sonst noch in den Kapellen aufgehängt sind, sind fast ausnahmslos von geringem künstlerischen Werte. Eine, die Kapelle der Kardinäle, barg ursprünglich die Gebeine des Gründers der Kirche, heute ist dort ein Sarkophag im Stile des obenerwähnten aufgestellt.

Über den Kapellen setzen die fünfzehn schlanken Fenster an, die das Schiff erhellen; sie sind alle von überraschender Einfachheit mit ein oder zwei Teilungspfosten und bescheidenem Vierpaßwerk (Text-Abb. 23). Vergebens wird man hier nach den reichen Maßwerkbildungen des Nordens suchen, überhaupt hat ja der Süden die spärliche Beleuchtung im schroffen Gegensatz zum Norden auch in dieser Zeit bevorzugt. Ganz besonders sind in Spanien den Schöpfungen des 14. und 15. Jahrhunderts die düsteren Stimmungen eigen. Man scheint hier also unter spanischem Einfluß gehandelt zu haben, als man später die ohnehin schon spärlichen Lichtöffnungen allesamt bis zum Spitzbogenanfang oder gar noch darüber hinaus vermauerte. Eine Ausnahme bilden allein die drei mittleren Fenster des Chores, die infolgedessen auch allein ihre alten Glasfenster behalten haben. Die architektonische Wirkung dieser Vermauerung ist natürlich

keineswegs gut; aber die Stimmung, die den Gläubigen packt, wenn er aus der grellen Sonne des Südens in den halbdunklen Raum hineintritt, ist nicht wegzuleugnen.

Die Fassade von Saint Bertrand de Comminges zeigt das übliche Bild in südfranzösischer Gotik. Hier kennt man das Streben nach Höhenentwicklung ebensowenig wie die Auflösung der Massen in zierliches Schmuckwerk. Das bauliche Gerippe wird in klarer Form gezeigt, die Zwischenräume werden durch massive Wände ausgefüllt. Die Gewohnheit, in den Kirchen gleichzeitig Festungen zu erbauen, hat gewiß ihr Teil zu der wuchtigen Erscheinung beigetragen, aber das Unverständnis, um nicht zu sagen die Abneigung der Südländer gegen die gotischen Formen, hat dabei auch keine kleine Rolle gespielt. Gewiß, man wandte den Spitzbogen, Strebepfeiler und Bögen, Maßwerk und Wasserspeier an, aber die Erscheinung einer solchen Kirche entfernt sich trotzdem sehr wenig von der einer romanischen. Hiernach wäre über die Fassade nicht mehr viel zu sagen. Vier massige Strebebögen und zwölf gewaltige Strebepfeiler, zwei- und dreimal nach oben abgesetzt, gliedern die Baumasse. Die Wasserspeier an der Giebelbekrönung der Strebepfeiler sind leider größtenteils verschwunden Die Fenster zeigen außen die schon beim Innern erwähnte bescheidene Bildung. Ihre Vermauerung wirkt hier noch störender wie innen. Ein mageres Hauptgesims mit Konsolen bildet den oberen Abschluß. Das Dach ist sehr flach und wie überall hierzulande mit Schieferplatten eingedeckt. Zwischen den Strebepfeilern sind die Kapellen malerisch und willkürlich angeordnet. Ein kleiner sechsseitiger Pavillon im Südosten enthält den Ansatz der Treppe zu den Gewölben und ist von der Sakristei aus zugänglich. Der Turm hat noch seine ursprüngliche, romanische Gestalt (Text-Abb. 28). Bei einer Breite von 10,70 m tritt er nur wenig vor die Westfront vor. Er ist in seiner Erscheinung ein echter Wehrturm mit zahlreichen Schießscharten und einer für kriegerische Zwecke zugeschnittenen Treppenanlage versehen. Zwölf Stufen führen zu der Vorhalle empor. Den Eingang bildet das prächtige Portal mit tiefgoldener Patina (Text-Abb. 27). Es wird durch eine Säule von gelblichem Marmor in zwei Teile geteilt. Die beiden Bogenringe werden von zwei Doppelsäulen auf jeder Seite, die seltsame Doppelkapitelle tragen, aufgenommen. Den Sturz schmücken die zwölf Apostel, deren Haltung und Gewandung starken byzantinischen Einfluß verraten. Die einzelnen Personen sind nicht durch Sinnbilder gekennzeichnet, sondern allein durch die verschiedene Anordnung der Haare und des Bartes. Das Bogenfeld hat seinen ursprünglichen Schmuck nicht mehr. Es setzt sich heute aus mehreren Stücken zusammen. Die Huldigung der hl. drei Könige vor der Muttergottes ist offenbar ein Werk des 14. und 15. Jahrhunderts, während die aus dem 12. Jahrhundert stammende Bischofsfigur wahrscheinlich früher die Mitte des Bogenfeldes eingenommen hat und erst später seinen jetzigen Platz zur Rechten erhielt. Über dem Portal ist auf einem Gurtgesims aufsitzend eine große Nische angeordnet. Sie beherbergte ehedem eine wertvolle Pieta aus weißem Marmor, die die Barbaren der Revolutionszeit herunterholten und zerstörten. Bei dieser Gelegenheit mußten auch die hl. drei Könige im Bogenfelde ihren Kopf lassen. Weiter oben wird die Masse des Turmes nochmals durch ein säulengeschmücktes Fenster unterbrochen. Sehr bedauernswert ist die Auswechslung eines großen Teiles des schönen alten Mauerwerkes durch viel zu große neuere Schichten. Der Turm ist unvollendet geblieben. Die Haube ist im Jahre 1885 erneuert worden. Sie zeigt dieselbe Gestalt schon auf einem Fresko aus dem 15. Jahrhundert, dürfte also wahrscheinlich der ursprünglichen Bekrönung entsprechen.



Abb 27. Saint Bertrand de Comminges. Hauptportal.

Im Laufe der Zeiten hatte sich die Zahl und damit die räumlichen Ansprüche der Geistlichkeit allgemein immer mehr gesteigert. Der Priesterchor verlangte seine eigene aufwendige Gestaltung. Im Norden hatte das zu neuen Raumbildungen geführt. Im Süden hat die Entwicklung unter spanischem Einfluß andere Wege eingeschlagen. Hier hat man zunächst in dem der Laiengemeinde zugewiesenen Raum einfach das Chorgestühl aufgestellt, dann dieses immer weiter ausgebaut und durch hohe Schranken abgeschlossen. Eine zweite Kirche nistete sich in die ursprüngliche ein. Hatte man zuvor weite unbeengte Räume mit freiem Ausblick auf den Altar angestrebt, so lief die neue Anordnung völlig auf das Gegenteil hinaus. Das Allerheiligste ist den Augen der Laien fast völlig entzogen. Es tritt eine scharfe Trennung von Geistlichkeit und Gemeinde ein. Letzterer bleibt nur noch der enge Raum vor dem Priesterchor und die schmalen Umgänge um ihn herum übrig. In architektonischer Beziehung ist diese neue Richtung genau so beklagenswert. Der Raum als solcher ist zerstört, ein mächtiger Kasten ist hineingesetzt worden, der den freien Aus- und

Durchblick, das Ziel der ganzen früheren Entwicklung, verstellt, ein Übelstand, den alle angebrachten kostbaren Einzelheiten nicht aufwiegen können. In Saint Bertrand de Comminges können wir diese Entwicklung deutlich verfolgen. Im 14. Jahrhundert nahm man die Pfeiler des ursprünglichen Baues heraus, um einen mächtigen, durch nichts beengten Raum zu bekommen. Der Bischof Jean II. de Mauleon entschloß sich dann aus eigenen Mitteln ein aufwendiges Chorgestühl mit 66 Sitzen zu stiften (Abb. 4 Bl. 20). In der Weihnachtsnacht 1535 ward es eingeweiht. Mit seiner Länge von 27 m nimmt es zwei Drittel des ganzen Schiffes ein. Für die Laiengemeinde blieb also nur der Raum davor, das erste Joch des gotischen Schiffes und etwa ein Drittel des zweiten, außerdem allerseits ein Umgang von 4,20 m um den Priesterchor herum. Der Raum vor dem Chor wurde für den Gottesdienst der Laien eingerichtet und mit eigenem Altar, Kanzel, Orgel und Taufbecken versehen. Der Altar ist entgegen dem Brauche hier an der Südseite aufgestellt. Zwei eingebaute Altäre, deren Mensen jetzt verschwunden sind, befanden sich in der Westwand des Holzchores. Eine sehr bemerkenswerte Leistung ist die etwas unglücklich in der Nordwestecke angebrachte Renaissanceorgel. Sie ruht auf fünf ionischen Säulen, hat eine Höhe von 15 und eine Breite von 10 m und ist reich geschmückt im Sinne der Renaissance. Ihren wertvollsten Schmuck bildet die prächtige Darstellung der Arbeiten des Herkules in etwas schwulstigem Stil. Merkwürdig ist auch die Anordnung der Kanzel um eine der tragenden Säulen der Orgel. Das Taufbecken aus gleicher Zeit ist verschwunden und durch ein neuzeitliches ersetzt worden.

Den Fußboden bedecken zahlreiche Grabplatten angesehener Persönlichkeiten. Nach Osten bildet die Westwand der Holzkirche den Abschluß des Laienschiffes. Vier Säulen, gleich denen der Orgel, tragen hölzerne Kreuzgewölbe, über denen sich eine Tribüne befindet, auf der die Domherren den Pfarrpredigten beiwohnten. Das hohe Hauptgesims mit Attika diente ihnen als Brüstung und Lehne. Nach der Chorseite zu ist über dem Eingang eine hängende Kanzel mit Betpult angebracht, von der aus der Diakon das Evangelium sang. Das Innere war dem Kapitel des Bischofs vorbehalten. Die technische Durchbildung des Chorgestühles ist die allgemein übliche und vollkommen in jeder Beziehung. Die 66 Sitze sind in zwei Reihen übereinander angeordnet. Die oberen sind für die höhere Geistlichkeit bestimmt und reicher ausgestattet worden. Besonders boten Wangen und Miserikordien dem Künstler eine willkommene Gelegenheit, seiner Erfindungsgabe nach Herzenslust die Zügel schießen zu lassen (Abb. 2, 3 u. 5 Bl. 20). Die Rückwand ist aufgeteilt in flache Nischen mit 72 cm hohen Figuren von schwachem Relief. Darüber ragt ein Baldachin vor, der in Hängebogen endigt und von einem reichen Hauptgesims gekrönt wird. Das alles zeigt eine prächtige Holzbehandlung und glänzende Durcharbeitung der Einzelheiten und ist von gleich geschickten Künstlern und erfahrenen Handwerkern ausgeführt. Ein Meisterwerk für sich sind die filigranartigen, reichen oberen Endigungen. Die unteren Sitze zeigen die gleiche Anordnung wie die oberen. Eine besonders aufwendige Ausbildung hat der Bischofssitz, der erste rechts nach dem Chore zu, erfahren, seine Gesamthöhe beträgt über 9 m.

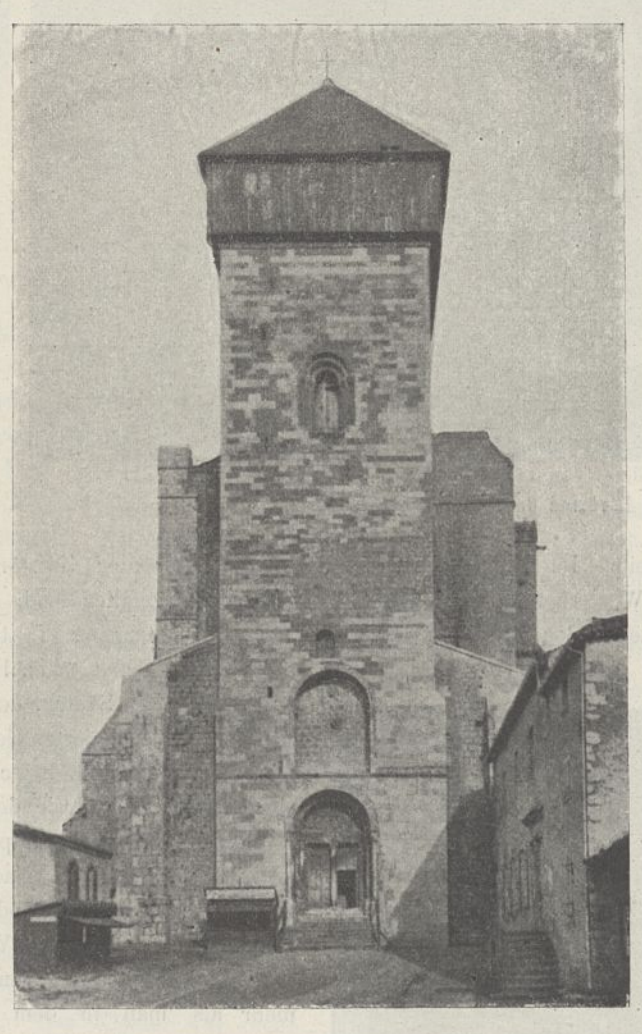


Abb. 28. Saint Bertrand de Comminges. Westansicht.

Eine einzige Stufe führt zum Chor empor, der durch eine Schranke abgeschlossen ist; auch er ist durch hohe Wände abgetrennt, doch hat man an einzelnen Stellen die Füllungen durch gedrehte Stäbe ersetzt, die den Laien an dieser Stelle wenigstens in etwas einen Durchblick zum Hauptaltare gestatten. Die Ostwand des Chores bildet das mächtige Retabulum des Hauptaltares. In seiner schlechten Bemalung fällt es sehr gegen den tiefschwarzen Ton des Eichenholzes seiner Umgebung ab. Eine besonders liebevolle Behandlung hat man dem Levitensitz zur Rechten des Altares angedeihen lassen (Abb. 1 Bl. 20). Im Gegensatz zu anderen Beispielen ist auch die Außenseite des Holzchores sehr reich, der Innenseite beinahe ebenbürtig, ausgebildet worden. Seine künstlerische Durchbildung ist durchweg von erstaunlicher Feinheit; die Holztechnik — es ist alles aus dem vollen Holze herausgeholt worden — außerordentlich wertvoll. Eine überreich sprudelnde Erfindungsgabe und ein hohes Können haben das gewaltige Werk bis ins Kleinste hinein mit Liebe und Vollendung durchgeführt. Leider hat uns der Künstler seinen Namen nicht hinterlassen. Vieles macht durchaus spanischen Eindruck, was bei den engen künstlerischen Beziehungen zu Katalonien nicht weiter zu überraschen braucht. Vielleicht sind auch spanische Gehilfen bei der Ausführung beteiligt gewesen.

Im Süden stößt ein Kloster an die Kirche an. Es stammt aus der zweiten Hälfte des 12. Jahrhunderts, der Erbauungszeit der Kathedrale. Kurz vor der Erweiterung der letzteren fiel es zum größten Teil der Zerstörung durch

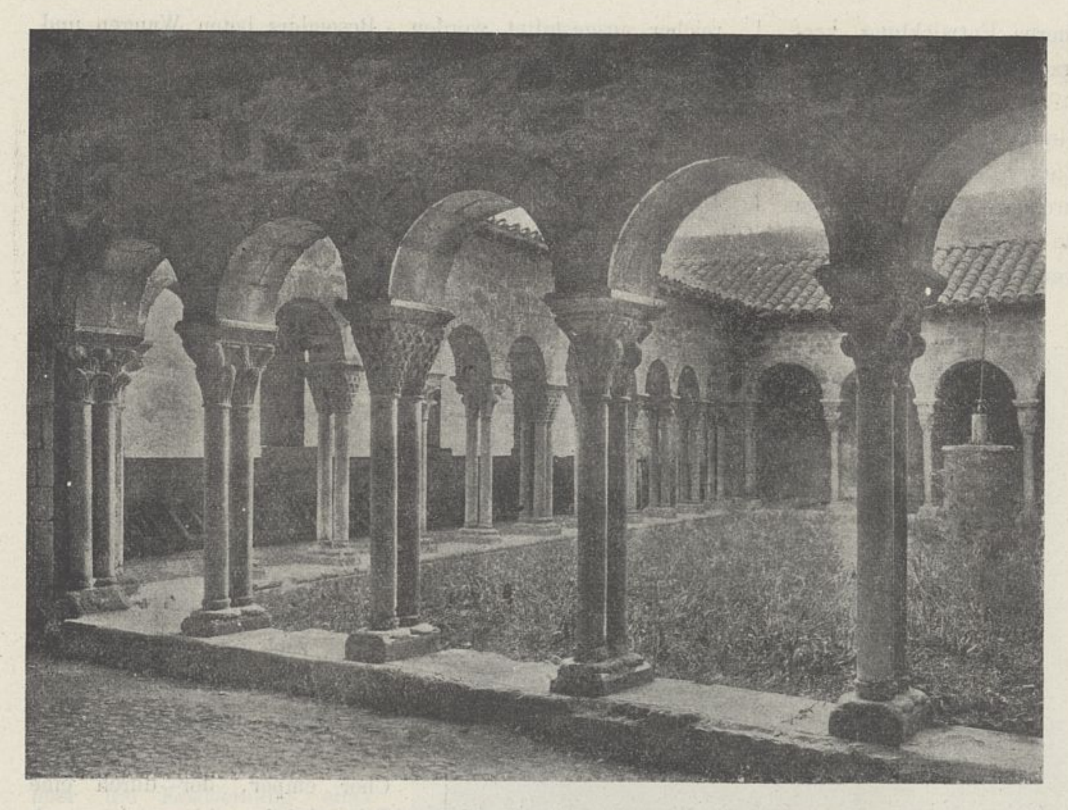


Abb. 29. Saint Bertrand de Comminges. — Kreuzgang.



Abb. 31. Kloster. Kapitell der Westseite (vgl. Text-Abb. 33).

Menschenhand oder Feuersbrunst anheim. Im 16. Jahrhundert wurden dann einzelne Teile einer Wiederherstellung unterzogen. Die Zeiten der Revolution ließen den prächtigen Bau endgültig in Schutt und Asche sinken. Nur die vier Wände des Kreuzganges haben sich in stark beschädigtem und verkommenem Zustande in unsere Zeit hinübergerettet. Aber sie lassen trotzdem noch erkennen, welch' hervorragende Kunstwerke in diesem Kloster der Zerstörungswut der eigenen Landsleute zum Opfer gefallen sind.



Abb. 30. Apostelpfeiler im Kreuzgang.

Der Kreuzgang (Text-Abb. 29) setzt sich auf drei Seiten aus gleichen romanischen Bogenstellungen mittlerer Größe, die auf gekuppelten Säulen, der Mauerstärke entsprechend, ruhen, zusammen. Der vierten Seite fehlen die Bogenstellungen; sie lehnt sich an die Südseite der Kirche an. Es ist die schon oben erwähnte „galerie des tombeaux“. Hervorragende Beachtung verdienen die Kapitelle, besonders die der Westseite (Text-Abb. 31 bis 34). Nach der Zerstörung der übrigen Teile waren die Kreuzgangwände jahrzehntelang ohne Dach und Fach allen Unbilden der Witterung ausgesetzt. Sie befinden sich infolgedessen in ziemlich schlechtem Zustande, umsomehr als man in dem bröckligen Kalkstein keinen ganz einwandfreien Baustoff gewählt hat. Diese Kapitelle zeigen eine für diese Zeit und Gegend ganz außergewöhnliche Feinheit in Maßstab und Durchbildung. Die Figuren, damals überall in aufrechter, üblich steifer Haltung, zeigen hier eine solche Fülle wunderbar durchstudierter Bewegungen, wie man sie zu dieser Zeit im ganzen Abendlande vielleicht nur noch in der Kathedrale von Pampelona wiederfindet. Dabei bergen sie eine so überraschende Menge lebensvoller Vorgänge und lehrhafter Einzelheiten, daß man glauben möchte, ihnen zuliebe habe der Künstler sie so übertrieben groß gemacht. Aber diese im Mißverhältnis zu den sie tragenden Säulen stehende Massen- und Höhenausdehnung der Kapitelle ist eine in Spanien stets wiederkehrende Erscheinung und dürfte von dort übernommen sein. Die fast klassische Durchbildung verrät alte Überlieferungen, die diese Gegend selbst gegen Ende des 12. Jahrhunderts noch nicht hatte. Wir treffen auch hier wieder den starken byzantinischen Einschlag, der sich überhaupt in den Pyrenäen besonders lange gehalten zu haben scheint, während er im übrigen Südfrankreich vorwiegend das 11. Jahrhundert be-



Abb. 32.



Abb. 33.

Abb. 32 u. 33. Kloster. Kapitelle der Westseite.

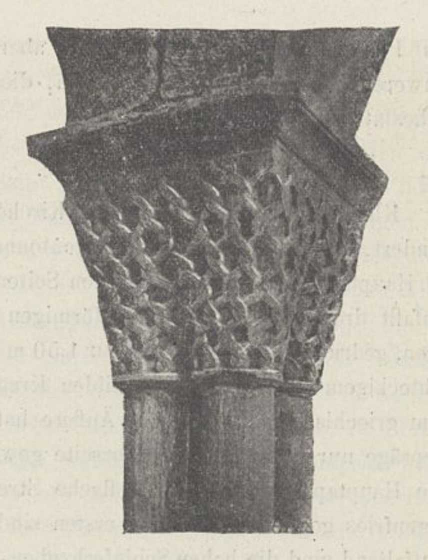


Abb. 34.
Geflechtkapitell im Kreuzgang.

herrscht. Es muß auch hier wieder auf die aus dem Orient mitgebrachten Werke der Kleinkunst, Elfenbeinplastiken, Münzen und Malereien hingewiesen werden. Der Künstler läßt sich zwar stark von diesen beeinflussen, es fehlt seinen Werken aber nie die persönliche Note, und er zeigt in der Komposition und der rein künstlerischen Erfassung des stark betonten Stofflichen eine hohe Reife. Die Kapitelle der Westseite sind das Vollendetste, was die Bildhauerschule der Languedoc in figürlichen Darstellungen hervorgebracht hat. Die Text-Abb. 31—33 zeigen die besterhaltenen Beispiele. In der Mitte dieser Seite ersetzt der berühmte, auch bei Viollet-le-Duc erwähnte Apostelpfeiler (Text-Abb. 30) die gekuppelten Säulen. Die vier Apostel von altertümlicher Erscheinung, ihre Zeichen in der Hand haltend, tragen das reiche Kapitell. Die beiden übrigen Seiten stammen aus der gleichen Zeit, ihre Kapitelle sind in der gotischen Zeit erneuert worden und stehen den erstgenannten weit nach. Bemerkenswert ist besonders ein schönes Geflechtkapitell von der für den Comminges kennzeichnenden Art (Text-Abb. 34). Die Basen sind auf allen drei Seiten die gleichen und ursprünglichen des 12. Jahrhunderts. Das Kloster war nicht wie üblich auf allen Seiten geschlossen. Im Süden gestatteten zwei weite Bogenöffnungen einen Ausblick in die prächtige Landschaft des Baroussetales, eine wohltuende Abweichung von der starren Regel, die allgemein in der liberalen, romanischen Kunst nicht selten ist und ihr vielfach einen so jugendfrischen Zug erhalten hat. Als man jüngst den Kreuzgang, um seiner völligen Verwitterung vorzubeugen, mit einem häßlichen Dach versah und in eine neuzeitliche Halle umwandelte, hat man diese Öffnungen vermauert und die schönen Eisengitter entfernt. Ein vorgekragtes Obergeschoß über dem Kreuzgang enthielt den Bibliotheksaal, der mit seinen kostbaren Holzschnitzereien und alten Handschriften ebenfalls in der Revolutionszeit vernichtet wurde. Auch die drei Altäre in der West-, Ost- und Südecke fielen damals dem gleichen Schicksal anheim.

Schon nach der ersten Zerstörung im 13. Jahrhundert wurde der Konvent aufgelöst, und die Geistlichkeit durfte sich nach Belieben in der Stadt ansiedeln. Der später wiederhergestellte Kreuzgang hatte dann einem andern Zweck zu dienen. Man schuf hier eine stimmungsvolle Totenstadt. In den Wandnischen, die in ihrer Größe den Bogenstellungen genau entsprachen, wurden kostbare Sarkophage aufgestellt. Von diesen entgingen nur die wertlosesten der Plünderung und schmücken heute die „galerie des tombeaux". Epitaphe wurden in die ganze Südmauer der Kirche dem Chor entlang eingelassen. Unter der Südseite des Kreuzganges wurde eine Grabkrypta für die niedere Geistlichkeit errichtet. In der Mitte dieses stimmungsvollen Friedhofes erhob sich an der Stelle des ehemaligen Klosterbrunnens ein großes schmiedeeisernes Grabkreuz. Erst im 15. Jahrhundert wurde den Laien die Vergünstigung, sich hier beisetzen zu lassen, wohl



Abb. 35. Vielle-Aure. Choransicht.

aus Platzmangel entzogen. Diese aber konnten sich nur schweren Herzens dazu entschließen, dieser stimmungsvollen Ruhestatt zu entsagen.

Vielle-Aure.

Kleine, mehrfach veränderte Kirche aus dem 12. Jahrhundert, dreischiffig mit Spitzbogentonne aus gotischer Zeit im Hauptschiff, Halbtonnen in den Seitenschiffen. Der Raum umfaßt drei Joche mit halbkreisförmigen Apsiden. Die mächtigen, gedrungenen Pfeiler von nur 1,50 m Höhe sind unten von achteckigem Grundriß. Oben bilden Kragsteine den Übergang zum griechischen Kreuz. Das Äußere hat sein ursprüngliches Gepräge nur noch auf der Chorseite gewahrt (Text-Abb. 35). Die Hauptapside wird durch flache Strebepfeiler und Rundbogenfries gegliedert. In den ersten sind Fenster angeordnet. Auffallend sind die hohen Schieferhauben, die sonst nirgends im Comminges vorkommen, sich der Landschaft aber außerordentlich glücklich einfügen. Der Turm ist von gleicher Art wie der von Cazaux de l'Arboust. Er stammt zwar aus dem 17. Jahrhundert, zeigt aber gleichwohl die übliche Erscheinung der romanischen. In diesen abgelegenen Tälern hielten sich die Baumeister, die einfache Handwerker waren, in der ganzen folgenden Zeit an die romanischen Vorbilder. Die übrigen Fassaden sowie das einfache Portal bieten nichts Erwähnenswertes.

Saint Aventin.

Das Dorf Saint Aventin im Arbousttale liegt etwa 6 km von Luchon entfernt. Es baut sich im Kreise am Bergeshang auf. An der Nordseite des Dorfes ist die Basilika auf seinem höchsten Punkte erbaut, mit ihrem scharfen Umriß beherrscht sie die Gegend weithin. Das Gelände ist geschickt für den Bau ausgenutzt worden. Oberhalb des Dorfes hat man eine Erdbank aufgeworfen und auf diese die Kirche gesetzt, die sich mit ihrem Rücken an den Hang lehnt. Auf Rampen steigt man beiderseits zu ihr empor. Ein 4 m breiter Weg führt auf dem Hang davor her.

Abb. 36. Grundriß.

Abb. 37. Saint Aventin. Teilansicht und Schnitt.

Der Bau ist von recht bescheidenen Abmessungen. Alles hat einen so kleinen Maßstab, daß man unwillkürlich glaubt, eine Miniaturbasilika vor sich zu haben. Dazu hat die Kirche in ihrem inneren wie äußeren Aufbau etwas ganz Fremdes und steht vollkommen abseits von der Entwicklung im Comminges.



Abb. 38. Kapitell vom Portal.

Die Entstehungszeit fällt in das Ende des 11. oder den Anfang des 12. Jahrhunderts. Der Grundriß ist ein langgestrecktes Rechteck (Text-Abb. 36). Der dreischiffige Bau umfaßt sechs Joche. Hauptschiff und Seitenschiffe endigen in halbkreisförmigen Apsiden. Die Kirche hat als einzige des Comminges basilikale Form und romanische Kreuzgewölbe ohne Rippen, die in diesem Gebiet nur noch unter den Emporen von Saint Gaudens vorkommen. Diese kreuzgewölbte Basilika ist in Nordfrankreich im 11. Jahrhundert recht gebräuchlich, kommt dagegen im ganzen Süden nur vereinzelt vor. Die Trennungspfeiler haben die Form des griechischen Kreuzes. Die vorgelegten Pilaster gehen ohne Kämpfergesims in die Gurtbögen über. Dieselbe Bildung findet sich auch an den Wandpfeilern. Die Ausführung der Gewölbe ist sehr unregelmäßig und roh. Die Apsiden sind mit Halbkuppeln überwölbt. Der Raum hat gute Verhältnisse; die einzelnen Schiffe sind schlank und sehr schmal (die Gesamtbreite beträgt innen nur 10,25 m). Da die Kirche sich mit ihrer Nordseite an den Bergeshang anlehnt, kann die Belichtung nur einseitig sein. Sie ist trotzdem sehr reichlich; mit Ausnahme der zwei Rundfenster im Chor, sind alle Fenster eng, lang, mit Rundbogenschluß und erweiterter Leibung. In den siebziger Jahren des vorigen

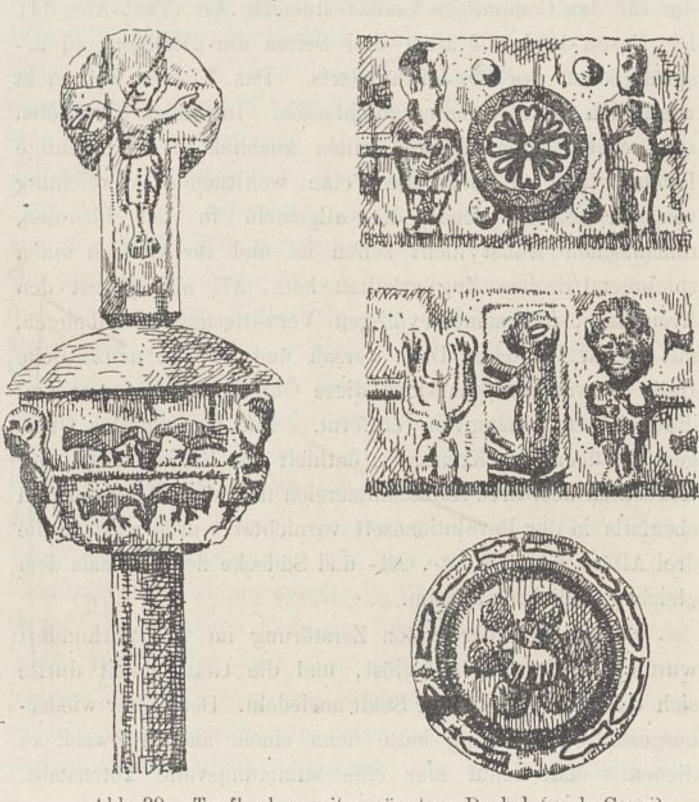


Abb. 39. Taufbecken mit ergänztem Deckel (nach Couzi).

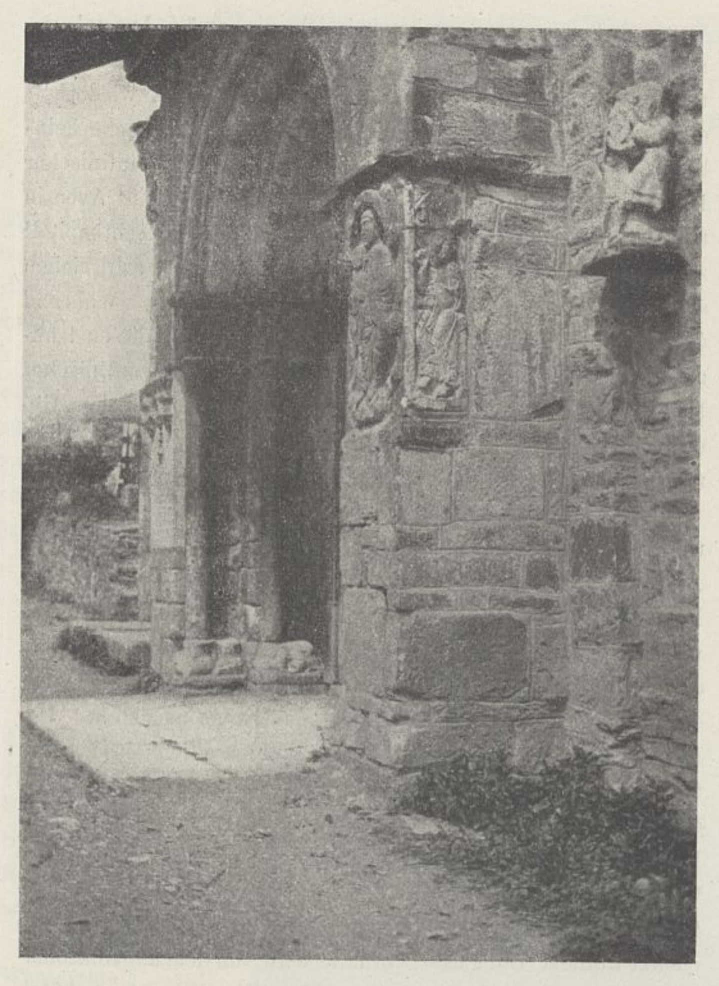


Abb. 40. Saint Aventin. Vorhalle.

Jahrhunderts sind erhebliche Reste von Fresken aufgefunden worden, mit denen ehedem der ganze Chor geschmückt war. Es sind zwei lebensgroße Figuren des hl. Saturninus und Aventinus im Stile des 12. Jahrhunderts. Sie stehen unter einer rundbogigen Arkade, die von zierlichen Säulen getragen wird. Fensterumrahmungen und andere aufgedeckte Ornamente zeigen Laubwerk mit Vögeln untermischt. In ihrem Stile erinnern sie stark an frühchristliche Mosaiken. Die Ausführung ist ähnlich, wie bei den Fresken im nahen Cazaux, auf die weiter unten ausführlich eingegangen werden soll. Die Malereien von Saint Aventin verdienen wegen ihres hohen Alters eine besondere Beachtung. Sie sind die einzigen der ganzen Gegend, die auf das 12. Jahrhundert zurückgehen. Es wäre sehr zu wünschen, daß auch hier die geringen Mittel zu ihrer völligen Aufdeckung und Instandsetzung, die die arme Gemeinde nicht aufbringen kann, beschafft würden. Drei prächtige Eisengitter schlossen einst die drei Apsiden ab. Die beiden seitlichen sind in den Tagen der Revolution geplündert und verkauft worden. Das der Hauptapside findet sich heute noch an seiner Stelle, es ist eine kraftvolle frühe Arbeit, die aus der Zeit stammt, wo man allgemein in dieser Gegend die hölzernen Chorschranken durch schmiedeeiserne ersetzte, nämlich dem Anfang des 12. Jahrhunderts. Von diesen frühen Gittern sind nur sehr wenige noch erhalten, unser Beispiel ist eines der bemerkenswertesten. In Spanien, wo die Schmiedearbeiten stets in großem Ansehen standen, findet sich ein ähnliches Gitter vom Anfange des 13. Jahrhunderts im Kloster der Kathedrale von Pampelona (abgebildet in den Annales archéologiques vol. XIV).

Dem Eingang gegenüber ist an einem Pfeiler ein sehr rohes, aber durch seinen eigenartigen Schmuck recht bemerkenswertes Taufbecken aufgestellt (Text-Abb. 39). Auf seinem Rande sind zehn Fische abgebildet, auf dem Grunde des Beckenbodens das Lamm mit dem Kreuz in 2 cm starkem Flachbild. Die Außenseite zieren zwei Paare aus Kelchen trinkender Tauben, ein aufrechtstehendes Tier (Lamm oder Bär) und eine Rosette mit Kreuz und *X*, von vier kräftigen Kugeln umgeben. Das alles sind der frühchristlichen Zeit, besonders den Taufkapellen, geläufige Sinnbilder, und es könnte scheinen, als ob dieses Taufbecken auf diese frühe Zeit zurückginge. Aber die außerdem darauf angebrachten rohen, in keiner Weise der Wirklichkeit entsprechenden Figuren zeigen, daß wir es hier mit einem ungeschickten Handwerker, dem es an nötiger Naturkenntnis und Können fehlte, zu tun haben. Er hat sich infolgedessen damit begnügt, Motive und Sinnbilder, die er anderweitig gesehen hatte, auf seinem Werke anzubringen. Dieses selbst gehört trotz seines altertümlichen Stiles frühestens dem 11. Jahrhundert an. Ein ganz ähnliches Becken findet sich in der Kirche von Canejan im Arantale. Dieses ist fast noch roher ausgeführt und stammt gar aus dem 16. Jahrhundert. Auf der Stützmauer vor der Kirche steht ein Kreuz, das in seinem Stil und den Maßen nach Couzi einen auf dem Becken befindlichen Deckel geziert haben könnte. Die Annahme

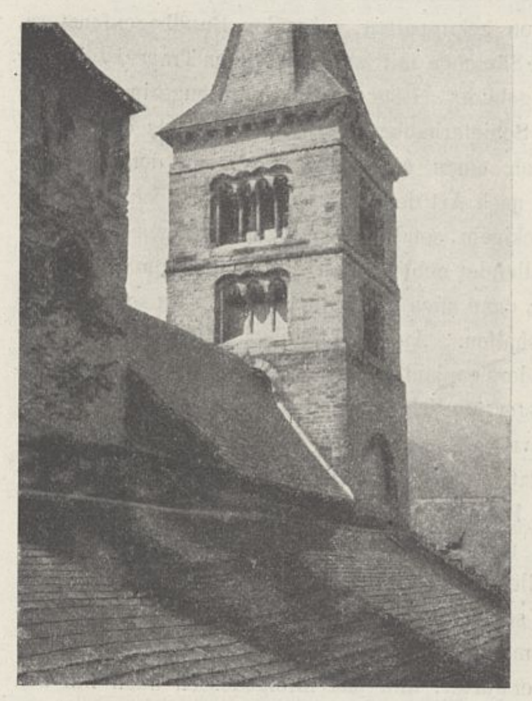


Abb. 41. Turm.



Abb. 42. Choransicht.

Saint Aventin im Arboustale.



Abb. 43. Saint-Aventin im Arboustale. Madonna vom Portal.

hat sehr viel Wahrscheinlichkeit für sich, das Becken ist deshalb auch in dieser Form gezeichnet worden.

Die äußere Erscheinung des Baues ist eine selten harmonische. Das Mauerwerk ist das schönste, das mir hier weit und breit begegnet ist, ein Feldsteinmauerwerk aus mittleren Schieferschichten mit goldener Patina überzogen. Der einzelne Stein tritt stark plastisch aus der Fläche hervor. Auch die kräftigen weißen Fugen tragen ihr Teil zu der guten Wirkung bei. Bodenständig, wie aus dem Fels gewachsen, steht das Bauwerk da. Nur bevorzugte Teile, wie Turm und Vorhalle, sind in wohlberechneter Wirkung in Quadermauerwerk ausgeführt worden. An der Südseite geben die schönen großen Flächen einen prächtigen Hintergrund für die reiche Vorhalle mit Portal ab (Text-Abb. 40). Diese tritt auf 4 m Länge in der Breite des zweiten Joches vor die Hauptfront vor. Vielleicht stammt sie aus einer etwas späteren Zeit als die übrige Kirche. Das Portal bilden zwei kräftige Bögen, die von einem Säulenpaar jederseits getragen werden. Die Doppelsäulen haben gemeinsames Kapitell und gemeinsame Basis. Letztere sind mit Löwen und wunderlichem Getier geschmückt, das aber heute kaum noch erkennbar ist. Die inneren Kapitelle sind mit figürlichen Darstellungen überzogen, die äußeren sind Geflechtkapitelle. Im Bogenfelde ist Christus in länglichrunder Strahlenkrone, die von vier schwebenden Engeln gehalten wird, dargestellt. Diese tragen in der anderen Hand auf runder Scheibe die Köpfe der Evangelistenzeichen. Unter dem Bogenfeld sieht man auf beiden Seiten noch die Enden einer 50 cm hohen Sturzplatte, die früher hier eingespannt war. Auf ihr waren wahrscheinlich die zwölf Apostel gemeißelt, wie auf derjenigen des Hauptportals von Saint Bertrand de Comminges. Diese Bildnereien gehören der wiederholt erwähnten Pyrenäenschule an, für die außerordentliche Feinheit der Einzelheiten und lange anhaltender byzantinischer Einfluß besonders kennzeichnend sind. Hier in Saint Aventin treffen wir einige ihrer besten Leistungen. Das Geflechtkapitell zur Rechten (Text-Abb. 38) steht hoch über den zahlreichen anderen Vertretern dieser Gattung im Comminges. Während die übrigen fast durchweg rohe Bildungen sind, die an frühgermanische Vorbilder anknüpfen, liegt hier byzantinischer Einfluß vor und hat zu dieser vollendeten und reizvollen Gestaltung geführt. Feines Laubwerk und die Evangelistenzeichen sind geschickt mit eingeflochten worden.

Das bedeutendste Bildwerk der Kirche ist die byzantinische Madonna auf dem rechten Pfeiler der Vorhalle (Text-Abb. 43). Sie ist auf einem, 1,10 m hohen, 0,25 m tiefen Marmorblock ausgeführt. In ihrem altertümelnden Stil und reichem byzantinischen, ornamentalen Beiwerk erinnert sie an die berühmten Figuren im Chor von Saint Sernin in Toulouse, denen sie an künstlerischem Wert keineswegs nachsteht. Der Einfluß von aus dem Orient mitgebrachten Elfenbeinplastiken tritt hier besonders deutlich zutage. Auf der rechten Außenseite des Blockes (Text-Abb. 40) ist ein die Geburt Christi verkündender Jesaias im gleichen Stile gemeißelt. Das kostbare Gegenstück auf dem linken Pfeiler, das während der Revolutionszeit verloren ging, ist später durch ein häßliches Epitaph ersetzt worden. Die ganze Vorhalle wird von dem auf Konsolengesims ruhenden, weit vorkragenden Wetterdach geschützt. Die einfache Chorseite wirkt ausgezeichnet durch das prächtige Mauerwerk (Text-Abb. 42). Die Nordseite ist unausgebildet geblieben. Sie wird durch kleine Schwibbögen mit der Stützmauer verbunden. Die Westseite schließt mit dem Turme bündig ab. — Der Turm selbst gliedert sich in drei Stockwerke, die gegeneinander zurückgesetzt und durch wagerechte Bänder getrennt sind. Die beiden oberen werden durch die für unser Gebiet bezeichnenden Fenstergruppen durchbrochen. Diese werden von gekuppelten, schmalen Rundbogenfenstern, die durch dünne Säulchen mit langobardischen Trapezkapitellen getrennt sind, gebildet. Über einem Konsolengesims beginnt die achtseitige Schieferhaube. Die Kirche hat als einzige im Comminges noch einen zweiten Turm über dem zweiten östlichen Joche nach Art der Vierungstürme, jedoch nicht wie diese von achteckigem, sondern von geviertförmigem Grundriß. Er scheint unvollendet geblieben zu sein. Denn einmal fehlt ein Abschlußgesims, dann auch ist er im Verhältnis zu seiner Masse sehr niedrig gehalten. Auch die einfache, vierseitige Haube ist sicherlich anders geplant gewesen. Jede der vier Seiten hatte zwei Doppelfenster ähnlich denen des Hauptturmes. Sie sind leider heute vermauert, ebenso ist das schöne Mauerwerk des Turmes überputzt worden. Es mag noch erwähnt sein, daß in die Südfassade viel Römisches, Grabstelen, Altäre des heimischen Gottes Abellion und ein Grabaltar eingelassen worden sind.

Alles in allem hat der Genius der Berge in dieser kleinen Dorfkirche ein so vollendetes, bodenständiges Kunstwerk geschaffen, wie man es in diesen armen entlegenen Dörfern am wenigsten erwartet, und das infolgedessen auch nur den wenigen Wanderern, die ihr Weg hier vorbeiführt, bekannt ist.

(Schluß folgt.)

Die Überführung des Ems-Weser-Kanals über die Leine bei Hannover.

Vom Geheimen Baurat A. Franke in Hannover.

(Mit Abbildungen auf Blatt 21 bis 23 im Atlas.)

Etwa 10 km westlich von Hannover, 1,5 km von der Eisenbahnstation Seelze der Staatsbahn Hannover—Minden entfernt, kreuzt der Ems-Weser-Kanal das Leinetal in einer Höhe, welche die Überführung der Leine durch einen Brückenkanal erforderte (Text-Abb. 1).

1. Unterlagen für den Entwurf. Die Leine, die zurzeit nicht mehr von Lastschiffen befahren wird, aber noch zu den schiffbaren Flüssen gerechnet wird, führte beim höchsten Hochwasser der Letztzeit im Jahre 1881 eine Wassermenge von 730 cbm in der Sekunde. Die Wasserstände der Leine an der Kreuzungsstelle mit dem Kanal sind wie folgt ermittelt:

Mittlerer Jahreswasserstand . . = N.N. + 41,20 m.
Höchster schiffbarer Wasserstand = N.N. + 43,21 m.
Hochwasser im Jahre 1909 . . = N.N. + 45,36 m.
Hochwasser im Jahre 1881 . . = N.N. + 45,45 m.

Für den Ems-Weser-Kanal, der den Dortmund-Ems-Kanal mit Hannover in einer Haltung verbindet, ist vorgesehen ein gewöhnlicher Wasserstand auf N. N. + 49,80 m, ein angespannter Wasserstand auf N. N. + 50,30 m und eine Wassertiefe von 2,50 m bei gewöhnlichem Wasserstande.

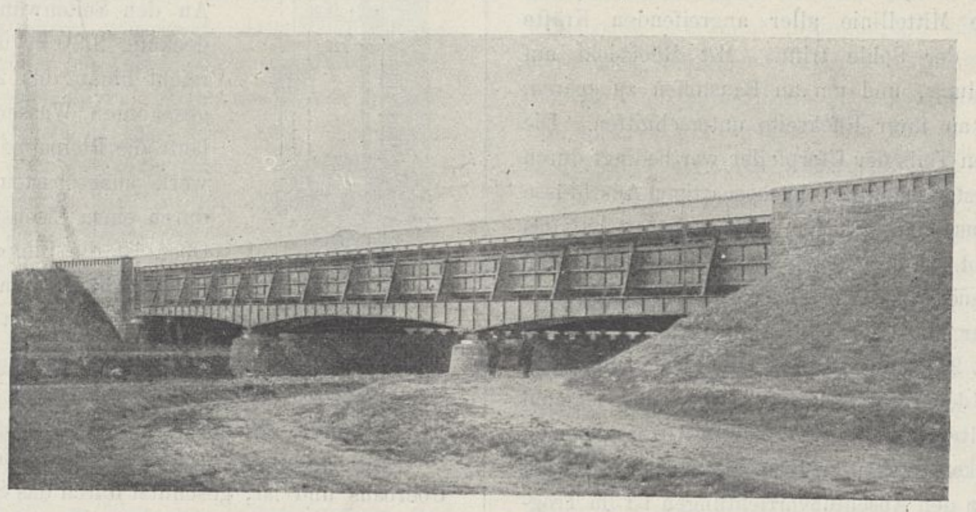


Abb. 1. Ansicht des Brückenkanals.

Die Leine besitzt bei der Ausuferung eine Spiegelbreite von etwa 32 m. Hiervon soll nach Vorschrift der zuständigen Wasserbaubehörde bei höchstem schiffbarem Wasserstande unter den Brücken eine Breite von mindestens 8 m in der Strommitte mit einer lichten Höhe von mindestens 3 m für den Schiffbetrieb freigehalten werden.

Die für den Brückenkanal zur Verfügung stehende Bauhöhe zwischen der Kanalsohle und dem Schiffsquerschnitt beträgt daher nur 49,80 — 2,50 — (43,21 + 3,00) = 1,09 m. Erschwerend für die Aufstellung des Entwurfs war noch eine Auflage der Landespolizeibehörde, wonach am rechten und linken Ufer der Leine je zwei Wege zu unterführen waren, von denen je einer in der bisherigen Höhe zu belassen war, während die andern bei nicht zu häufiger Überflutung eine Durchfahrthöhe von 3,60 m behalten sollten.

Der Brückenkanal ist zweischiffig mit einer Spiegelbreite von 24 m geplant. Die beiderseits vorzusehenden Treidelwege sollen eine nutzbare Breite von je 2,50 m erhalten und so ausgebildet werden, daß sie für den elektrischen Treidelbetrieb mit Treidellokomotiven befahren werden können. Da das Überschwemmungsgebiet der Leine an der Baustelle ziemlich breit ist und sich neben dem Hauptstrom in einer Entfernung von etwa 600 m östlich der Leine bei Hochwasser ein Nebenstrom einstellt, so waren für die Überführung des Leinetals zwei Brückenkanäle erforderlich, eine Hauptbrücke über den Leinefluß und eine Flutbrücke über den genannten Hochwasser-Nebenstrom.

2. Beschreibung des Entwurfs. Nach langen Verhandlungen mit der Wasserbaubehörde und den Beteiligten wurde vereinbart, die Hauptbrücke mit einer Mittelöffnung von 27,60 m und zwei Seitenöffnungen von je 21,30 m Lichtweite auszuführen, und der Flutbrücke eine Mittelöffnung von 21,40 m und zwei Seitenöffnungen von je 13,85 m Lichtweite zu geben. Unter Berücksichtigung einiger vorzunehmender Abgrabungen erhielt dann die Hauptbrücke einen Hochwasser-Abflußquerschnitt von 272 qm, die Flutbrücke einen solchen von 114 qm. Das Hochwasser kann dann ohne nennenswerten Aufstau mit einer mittleren Geschwindigkeit von 1,89 m je Sekunde durch die Brücken zum Abfluß gelangen.

Durch eingehende Vorentwürfe und Berechnungen wurde festgestellt, daß eine massive Ausführung selbst unter Verwendung von Eisenbeton unwirtschaftlich war und daß Brücken mit steinernem Unterbau und eisernem Überbau den Vorzug verdienten. Als günstigste Lösung hierfür ergab sich eine Auflagerung des Wassertrogs auf durchgehende Balken mit vier Stützen, für die bei Vermeidung aller Gelenke in der Mitte der Stromöffnung eine Bauhöhe von 90 cm genügt, während an den Enden die Bauhöhe so weit eingeschränkt werden kann, daß die Unterführung der Wege leicht zu bewirken ist (Text-Abb. 2).

Über den Strompfeilern, den Orten der größten Biegungsmomente, wird die Trägerhöhe durch allmähliche Herabziehung der unteren Gurtung derart vergrößert, daß die Bauhöhe daselbst etwa 1,80 m beträgt. Derartige Anordnungen sind

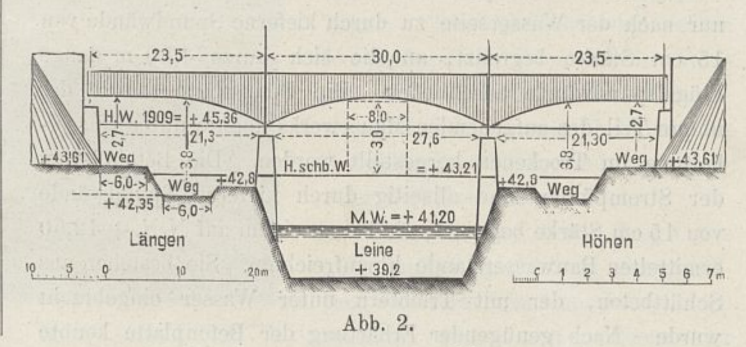


Abb. 2.

vielfach im Eisenbahnbau bei beschränkter Bauhöhe zur Unterführung von Straßen ausgeführt und haben sich gut bewährt. In gleicher Bauart ist auch die Flutbrücke hergestellt, die deshalb nicht weiter erwähnt werden soll.

Die Anwendung durchgehender Balken ohne Gelenke setzt allerdings voraus, daß bei sämtlichen Pfeilern Veränderungen in der Höhenlage nicht zu befürchten sind, daß also ein guter Baugrund vorhanden ist. Dieses trifft im vorliegenden Falle auch zu. Die angestellten Bodenuntersuchungen ergaben, daß unter einer im Mittel 2 m starken Lehmschicht tragfähiger Kiesboden vorhanden war; nur auf dem rechten Ufer war in diesem Kiesboden eine Schlammschicht eingelagert, durch die der rechte Uferpfeiler hindurchgeführt werden mußte. Hiernach ist (Abb. 2 Bl. 21) die Grundsohle des linken Uferpfeilers auf N.N. + 40,90 m, des rechten Uferpfeilers auf N.N. + 40,30 m gelegt, während diejenige der Strompfeiler auf N.N. + 37,20 m, d. h. 2 m unter der Flußsohle gelegt ist.

3. Ausführung des Unterbaues (Abb. 1 bis 4 Bl. 21). Die Querschnitte der Uferpfeiler sind so gestaltet, daß bei gefülltem Troge die Mittellinie aller angreifenden Kräfte möglichst die Mitte der Sohle trifft. Mit Rücksicht auf günstige Kräfteverteilung, und um an Baustoffen zu sparen, sind die Uferpfeiler an ihrer Rückseite unterschnitten. Die Ausbildung des oberen Teils der Uferpfeiler war bedingt durch die wasserdicht herzustellenden stopfbüchsenartigen Anschlüsse des eisernen Überbaus, der sich um 1,10 m Länge auf das Mauerwerk vorschiebt. Beim linken Uferpfeiler mußte eine Verbreiterung der Mauerkrone erfolgen, um den nötigen Raum für eine als Nadelwehr ausgeführte Abschlußvorrichtung (Text-Abb. 4 u. Abb. 2 Bl. 21) zu gewinnen. Da eine gleiche Abschlußvorrichtung auf dem rechten Uferpfeiler der nahegelegenen Flutbrücke hergestellt ist, so können behufs Ausbesserungen die Tröge beider Brücken trocken gelegt werden. Zum Ablassen des Wassers zwischen den Abschlußvorrichtungen ist im Trogboden der Hauptbrücke ein Rohr mit einem Wasserschieber von 400 mm Durchmesser eingebaut, durch welches das Wasser unmittelbar in die Leine ablaufen kann. Die Ausgestaltung der Flügelmauern ergibt sich aus der Führung des Treidelgleises mit einem kleinsten Halbmesser von 30 m und dem Anschluß der Dammböschungen an die Flügelmauern. Die Abmessungen sind, den Anforderungen auf unbedingte Standsicherheit entsprechend, reichlich angenommen. Die Strompfeiler zeigen keine Besonderheiten.

4. Gründung der Pfeiler. Da nach den Bodenuntersuchungen schon in geringer Tiefe eine tragfähige Kiesschicht vorhanden war, so wurde für sämtliche Pfeiler eine Flachgründung auf Betonplatten gewählt und ausgeführt. Die Betonplatten der Uferpfeiler sind mit Rücksicht auf Uferbrüche nur nach der Wasserseite zu durch kieferne Spundwände von 15 cm Stärke begrenzt, an die sich kurze 4,50 m lange Flügelspundwände anschließen. Die Betonplatte, sowie der untere Teil des aufgehenden Mauerwerks konnte unter Wasserhaltung im Trockenen hergestellt werden. Die Betonplatten der Strompfeiler sind allseitig durch kieferne Spundwände von 15 cm Stärke begrenzt, die bis zu einem auf N.N. + 42,50 ermittelten Bauwasserstande hinaufreichten. Sie bestehen aus Schüttbeton, der mit Trichtern unter Wasser eingebracht wurde. Nach genügender Erhärtung der Betonplatte konnte das Wasser aus den Spundwandkasten ausgepumpt und das aufgehende Mauerwerk im Trockenen hergestellt werden.

Die Bodenpressungen unter den Betonplatten betragen bei voller Belastung des Brückenkanals 2,70 bis 2,90 kg/qcm.

5. Baustoffe. Das aufgehende Mauerwerk ist in Stampfbeton mit einem Mischungsverhältnis von einem Teil Portlandzement, drei Teilen Sand und fünf Teilen Kies hergestellt. Die sichtbaren Flächen haben eine im Mittel 30 cm starke Verblendung aus hammerrecht bearbeiteten Bruchsteinen erhalten. Die Pfeilerköpfe sind mit Rücksicht auf Eisgang mit Werksteinen aus dem Wesergebirge bei Minden (Portasandstein) verblendet. Die Auflagersteine, die einen Druck von etwa 17 kg/qcm auf das Mauerwerk zu übertragen haben, sind aus Beton von einem Teil Zement und vier Teilen Kies mit Eiseneinlagen hergestellt. Die dem Wasser zugekehrten Mauerflächen sind mit einer doppelten Zementputzlage versehen, auf der eine Bleipappendichtung angebracht ist. Für die senkrechten Flächen sind die Bleiplatten 3 mm, für die wagerechten 2 mm stark gewählt. An den Seitenwänden beginnt die Abdeckung 2,30 m unter Kanalsohle und reicht hinauf bis 20 cm über den angespannten Wasserspiegel. Unten verläuft die Bleipappe in einem im Mauerwerk ausgesparten Falz, in dem sie durch einen Eisenstab festgehalten wird. Oben ist die Bleipappe umgebogen und übermauert. Zum Schutz gegen Beschädigung durch den Schiffsverkehr ist die Abdeckung mit hölzernen Reibewänden bekleidet (Text-Abb. 3). Bei den wagerechten Flächen beginnt die Bleiplattendichtung an der Anschlußdichtung des eisernen Überbaus und ist, geschützt durch das Sohlenmauerwerk, bis 80 cm tief in die Tondichtung eingebettet.

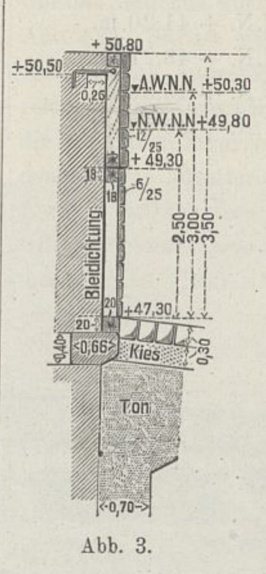


Abb. 3.

Ausführung des eisernen Überbaus.

Allgemeine Anordnung. Entsprechend den geforderten Lichtweiten der Brückenöffnungen sind die Stützweiten der Hauptträger zu 23,50 m, 30 m und 23,50 m ermittelt. Die geringe verfügbare Bauhöhe und die große Breite der Brücke macht die Anordnung von 16 nebeneinander liegenden Hauptträgern notwendig, von denen die 14 mittleren vorwiegend die Last des gefüllten Wassertrogs, die beiden äußeren die Belastung des Treidelwegs, den seitlichen Druck des Wassers auf die Trogwandung und etwaige Schiffsstöße gegen diese aufzunehmen und auf die Auflager zu übertragen haben (Abb. 4 Bl. 21). Grundsätzlich wurde bei der Ausbildung des Überbaus darauf gesehen, die eigentlichen Tragteile tunlichst von dem Troge zu trennen. Das Kräftespiel wird dadurch klarer, und es ergeben sich viele bauliche Vorteile, insbesondere eine zuverlässige Dichtigkeit des Troges.

Der eigentliche Trog. Der Boden des Troges wird aus Tonnenblechen, die Seitenwände aus ebenen Blechen gebildet. Die Tonnenbleche ruhen mit ihren Rändern auf ⊔-Eisen, die gleichlaufend zur Brückenachse liegen und auf Querträgern aufgelagert sind. Hierdurch wird eine vollständige Trennung des Troges von den Tragteilen erreicht (Abb. 6 Bl. 23). Der

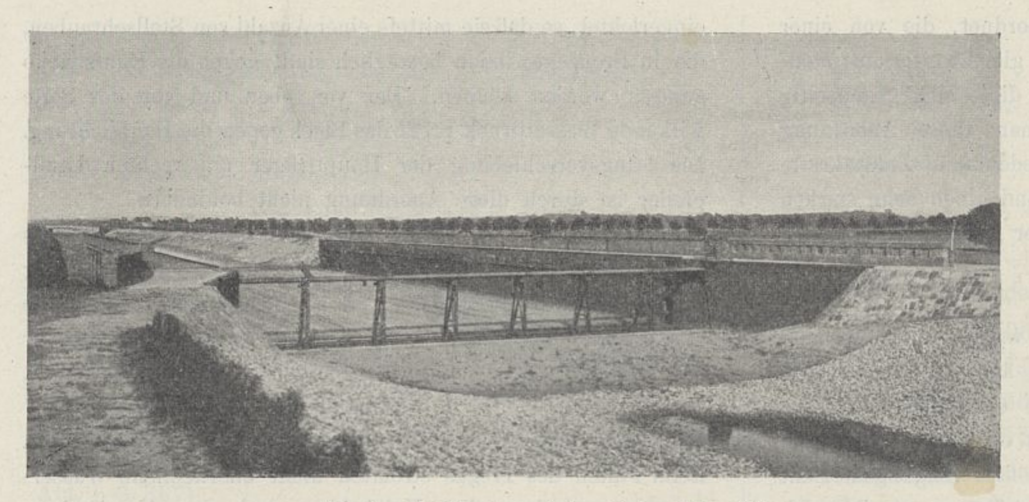


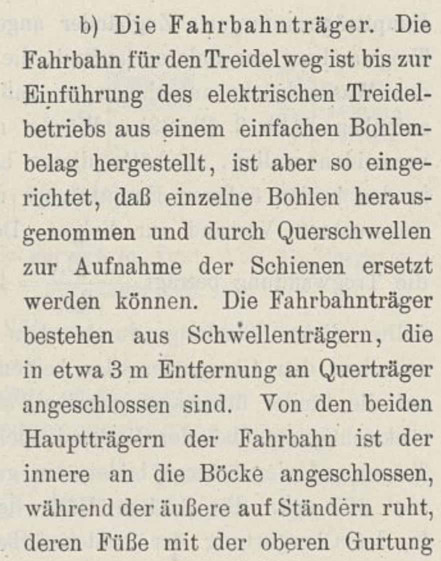
Abb. 4. Nadelwehr auf dem linken Uferpfeiler.

Zwischenraum zwischen dem Trogboden und der oberen Gurtung der Hauptträger ist zur Sicherung gegen Rosten mit Asphalt ausgefüllt. Auch der Trogboden ist gegen Rosten und äußere Angriffe durch Schiffshaken, Anker und Ketten mit einer 3 cm starken Asphaltschicht abgedeckt. Der Raum in den Tonnenblechen ist darüber mit Zementbeton ausgefüllt, dessen Oberfläche mit einem zweimaligen Anstrich aus heißem Trinidad-Asphalt-Teer versehen wurde (Abb. 6 Bl. 23). Die 10 mm starken Wandbleche sind in Entfernungen von rund 1,50 m durch Winkeleisen (Spanten) von 100 · 65 · 11 mm ausgesteift. Zum Übertragen des Wasserdrucks auf die Hauptaussteifungen (Böcke) dienen Riegel aus I-Eisen.

Die Tragteile umfassen:

a) die Hauptaussteifungen (Böcke),
b) die Fahrbahnträger.
c) die Hauptträger,
d) die Verbände,
e) die Auflager.

a) Die Böcke. In Entfernungen von 6 m über der Mittelöffnung und 5,875 m über den Seitenöffnungen sind Böcke, aus vollwandigen Blechrahmen bestehend, angeordnet. Sie haben die Aufgabe, die auf die Seitenwände des Troges wirkenden Kräfte (wagerechter Wasserdruck und Schiffsstoß) aufzunehmen und auf die äußeren Hauptträger und die wagerechten Verbände zu übertragen. Die Böcke sind untereinander gleich, haben aber, der Hauptträgerhöhe entsprechend, verschieden hohe Fußträger, die zwischen den äußeren Hauptträgern eingespannt sind.



b) Die Fahrbahnträger. Die Fahrbahn für den Treidelweg ist bis zur Einführung des elektrischen Treidelbetriebs aus einem einfachen Bohlenbelag hergestellt, ist aber so eingerichtet, daß einzelne Bohlen herausgenommen und durch Querschwellen zur Aufnahme der Schienen ersetzt werden können. Die Fahrbahnträger bestehen aus Schwellenträgern, die in etwa 3 m Entfernung an Querträger angeschlossen sind. Von den beiden Hauptträgern der Fahrbahn ist der innere an die Böcke angeschlossen, während der äußere auf Ständern ruht, deren Füße mit der oberen Gurtung der äußeren Hauptbrückenträger vernietet sind.

c) Die Hauptträger. Die 16 Hauptträger sind durchlaufende Blechträger auf vier festen Stützen. Bei den zwei äußeren Hauptträgern ist die untere Gurtung nach einem Kreisbogen gekrümmt, während die inneren Hauptträger mit schwach geknicktem Untergurt ausgeführt sind, und zwar so, daß die Begrenzungslinien Tangenten sind an den Kreisbögen der äußeren Hauptträger. Die oberen Gurtungen sämtlicher Hauptträger verlaufen wagerecht. Die inneren zwölf Hauptträger sind untereinander gleich, da sie dieselben Kräfte bekommen. Ihre Belastung besteht lediglich aus dem Eigengewicht und dem Gewicht des Wassers. Die beiden äußeren Hauptträgerpaare haben aber außer den senkrechten Lasten noch die wagerechten Kräfte aufzunehmen. Sie sind zu diesem Zwecke durch einen in der Ebene des Obergurts liegenden wagerechten Verband zu einem wagerechten Träger ausgebildet, der die Windkräfte und Schiffsstöße gegen die Trogwandung aufnehmen kann. Durch den wagerechten Wasserdruck entstehen Zusatzbelastungen, die für die beiden äußeren Hauptträger belastend, für die beiden inneren entlastend wirken. Die Stegblechstöße der Hauptträger sind so gewählt, daß die Stoßstellen mit den Knickpunkten zusammenfallen.

d) Die Verbände. Es sind wagerechte und senkrechte Verbände angeordnet. Die Verbände haben teils den Zweck, die wagerechten Kräfte (Winddruck, Wasserdruck und Schiffsstöße) gegen die Wandungen aufzunehmen, teils die Knicksicherheit der Gurtungen der Hauptträger zu wahren und endlich als Aufstellungsverbände zu dienen. Die Übertragung des Winddrucks und der Stoßkräfte auf die Pfeiler bewirken die äußeren Verbände, die in der Obergurtebene der beiden äußeren Hauptträgerpaare liegen. Die übrigen wagerechten Verbände, die in jedem zweiten Felde zwischen den Untergurten der Hauptträger liegen, dienen lediglich als Aufstellungsverbände und zur Wahrung der Knicksicherheit.

Um die auf beide Trogwände nach außen gerichteten wagerechten Wasserdrücke unschädlich zu machen, sind in der Ebene der



Abb. 5.

Hauptträgeruntergurte Zugbänder angeordnet, die von einer Trogwandung zur anderen laufend, die gleichwertig auftretenden Wasserdrücke aufnehmen, so daß diese sich gegenseitig aufheben (Abb. 3 Bl. 23). Würde man diese Anordnung vermeiden wollen, so hätte dieses bedeutende Zusatzkräfte in den beiden äußeren Hauptträgern und einen sehr starken wagerechten Verband zur Folge. Der Wasserdruck gegen die Trogwandung beträgt $\frac{3,0 \cdot 3,0}{2} = 4,5$ t für 1 m Troglänge. Sollte diese Belastung durch den wagerechten Verband zwischen den Obergurten der beiden äußeren Hauptträger auf die Pfeiler übertragen werden, so entstände unter Berücksichtigung, daß der Verband auch einen durchgehenden Träger auf vier Stützen bildet, ein größtes Biegungsmoment von 327 m/t. Bei 3,31 m Höhe des Trägers ergibt sich in der Obergurtung der beiden äußeren Hauptträger somit eine Zusatzspannung von $327 : 3,31 \cong 99$ t. Dementsprechend ergeben sich auch bedeutende Zusatzspannungen in den Schrägen und Senkrechten, so daß ein bedeutender Mehraufwand an Baustoff erforderlich sein würde.

Je zwei Hauptträger sind in jedem zweiten Felde durch einen Querverband verbunden. Der obere Stab des Querverbandes zwischen den mittleren Hauptträgern dient zugleich zur Auflagerung des Troges.

e) Die Auflager. Die Auflager sind als Kugelzapfen-Kipplager ausgebildet. Wegen der großen Breite der Brücke — die Entfernung der äußeren Hauptträger voneinander beträgt 29,7 m — mußte mit Rücksicht auf Ausdehnung durch den Wärmewechsel auf eine Querverschiebung der Auflager Bedacht genommen werden. Dieses ist geschehen durch Anwendung einer Lösung, die von der Brückenbauanstalt Harkort bei der Trarbacher Moselbrücke ausgeführt ist (vgl. Mehrtens, Der deutsche Brückenbau, Berlin 1900, S. 87).

Die beweglichen Walzenlager sind so verlegt, daß sie sämtlich radial nach einem Punkte a auf dem linken Landpfeiler verschieblich sind (Text-Abb. 6). Im Punkte a ist

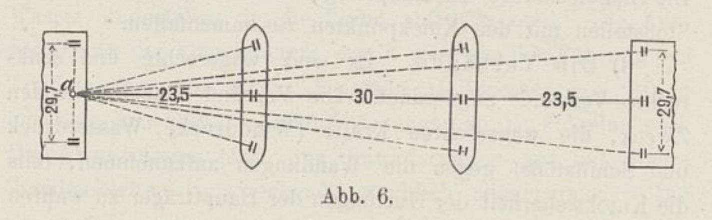


Abb. 6.

ein festes Auflager angenommen. Für die Anfertigung der sämtlichen 64 Lager sind nur drei Modelle erforderlich gewesen, je eins für die beweglichen Auflager auf den Mittelpfeilern und den Landpfeilern und eins für das feste Auflager auf dem linken Landpfeiler. Zur besseren Verbindung des Überbaues mit dem Unterbau haben aber beim Punkte a die vier mittleren Hauptträger feste Auflager erhalten. Diese Anordnung hat sich bislang gut bewährt.

f) Die Landanschlüsse des Troges. Zur Erzielung einer wirksamen Dichtung an den Landanschlüssen ist der Trog über die Auflager um etwa 1400 mm verlängert (Abb. 1a, 2 u. 4 Bl. 22). Das so entstehende Schleppblech ist durch Quer- und Längsträger ausgesteift. Die Dichtung wird erzielt durch eine Schicht von geteerten Hanfstricken, die zwischen Holzbohlen verlegt ist. Von den Holzbohlen ist die innere verstellbar eingerichtet, so daß sie mittels einer Anzahl von Stellschrauben, die in Bronzegewinden beweglich sind, gegen die Hanfstricke gepreßt werden können. Der von oben und von der Seite wirkende Wasserdruck preßt das Blech gegen die Hanfdichtung. Die Längsverschiebung der Hauptträger am rechten Landpfeiler ist durch diese Anordnung nicht behindert.

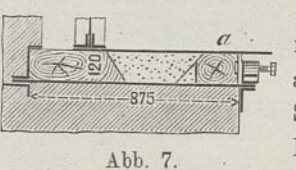


Abb. 7.

Die Holzbohlen waren anfangs nach dem Vorbilde der Dichtung an dem Brückenkanal über die Saar bei Hessen (vgl. Handb. der Ing.-Wissenschaften 1904, 2. Teil, 2. Band, S. 125) nach Text-Abb. 7 keilförmig ausgebildet. Dieses hat sich aber nicht bewährt. Beim Füllen des Troges strömten nicht unerhebliche Wassermengen zwischen den Holzbohlen und der Abdeckplatte durch, ein Übelstand, der auch durch Anziehen der Stellschrauben nicht zu beseitigen war. Erst als die Keile a herausgenommen und die Spitze beseitigt war, wurde eine hinreichende Dichtigkeit erzielt. Hiernach dürfte sich empfehlen, statt zwischen keilförmigen Bohlen, wie bei Stopfbüchsen, die Hanfstricke zwischen gleichlaufenden Wandungen einzuzwängen, also rechteckige Bohlen zu verwenden.

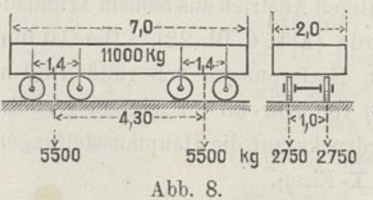


Abb. 8.

g) Belastungsannahmen. Der statischen Berechnung sind folgende Belastungsannahmen zugrunde gelegt:

1. ein Wasserstand von 3 m Höhe im Troge, also 3000 kg/qm Grundfläche,
2. ein auf dem Treidelwege fahrende Lokomotive mit elektrischem Antrieb von 11000 kg Dienstgewicht nach Text-Abb. 8. Der übrige Raum des Treidelwegs ist mit Menschengedränge von 200 kg/qm zu belasten,
3. ein Schiffstoß von 10000 kg Wirkung senkrecht gegen die Trogwandung,
4. Winddruck von 250 kg/qm.

Für den Schiffstoß ist der Einfachheit halber eine Wirkung von rund 10000 kg angenommen, obgleich eine Stoßwirkung nicht durch ein Gewicht, sondern durch eine lebendige Kraft zum Ausdruck gebracht werden muß. Es ist versucht worden, die Stoßwirkung eines mit 5 km stündlicher Geschwindigkeit fahrenden Lastkahns von rund 910 t Gesamtgewicht, der durch Ausscheren gegen die Trogwand geworfen wird, zu ermitteln und zur Berechnung der Böcke usw. zu verwerten. Hierbei ergaben sich aber fast unausführbare Abmessungen der Bauteile. Da diese Untersuchungen nicht ohne Wert sein dürften, so sollen sie am Schluß dieses Aufsatzes mitgeteilt werden.

h) Zulässige Beanspruchungen.

1. Für Flußeisen

a) für die Bleche des Troges und die Böcke = 800 kg/qcm
b) „ „ Fahrbahnträger des Treidelwegs = 750 „ „
c) „ „ inneren Hauptträger . . . . = 1200 „ „
d) „ „ äußeren Hauptträger . . . . = 1000 „ „
e) „ „ Niete auf Abscheren . . . . = 750 „ „
f) „ „ Niete, Druck in der Lochleibung = 1500 „ „

2. Für Gußeisen.

Druck 700 kg/qcm, Zug 200 kg/qcm, Biegung 250 kg/qcm.

3. Für Stahlguß.

Druck 1500 kg/qcm, Zug und Biegung 1200 kg/qcm.

Für die Walzen der Auflager 6000 kg/qcm.

4. Für die Auflagersteine.

Druck 40 kg/qcm (Eisenbeton).

Statische Berechnung.

Aus der umfangreichen statischen Berechnung sollen nur die wichtigsten Untersuchungen mitgeteilt werden.

1. Berechnung der Trogwandung.

Die Trogwandungen werden aus glatten Blechtafeln gebildet, die auf allen vier Seiten auflagern und durch den seitlichen Wasserdruck belastet werden. Zur Berechnung der Blechstärke ist die Formel von Grashof (v. Hütte, 1892 Abt. I S. 367)

$$\sigma = 0,5 \cdot S \frac{a^2\, b^2}{a^2 + b^2} \cdot \frac{p}{h^2}$$

benutzt, in welcher a und b die Seiten des Rechtecks, p den Wasserdruck, h die Blechstärke bedeuten und S einen Beiwert, der zu 0,75 anzunehmen ist.

Den größten Wasserdruck erhält nach Text-Abb. 9 die Blechtafel zwischen den beiden untersten Längsträgern mit

$$\frac{2,45 + 1,435}{2} \cdot 0,1 = 0,194 \text{ kg/qcm}.$$

Abb. 9.

Da in Entfernungen von 1,50 m senkrechte Aussteifungen angebracht sind, so ist $a = 150$ cm; $b = 101,5$ cm, mithin bei 800 kg/qcm zulässiger Beanspruchung:

$$800 = 0,5 \cdot 0,75 \frac{150^2 \cdot 101,5^2}{150^2 + 101,5^2} \cdot \frac{0,194}{h^2}.$$

Hieraus ergibt sich $h^2 = 0,643$; $h \cong 0,8$ cm. Mit Rücksicht auf Rostgefahr ist die Blechstärke zu 1,0 cm angenommen.

2. Der Trogboden.

Der Trogboden wird aus Tonnenblechen von 1,30 m Breite, 0,12 m Pfeilhöhe und 8 mm Stärke gebildet. Die Beanspruchung beträgt nur 77 kg/qcm.

3. Die Böcke.

Der größte Abstand der Böcke über der Mittelöffnung beträgt 6 m. Als Belastung kommen in Betracht der Schiffsstoß mit 10 t und der wagerechte Wasserdruck von

$$W = 3,0 \cdot 1,5 \cdot 6,0 = 27,0 \text{ t},$$

der in 1 m Höhe über der Trogsohle angreift. Hieraus ergeben sich nach Text-Abb. 10 die Biegungsmomente im Schnitt $x - x$

$$M_1 = 10 \cdot 3,07 + 27 \cdot 1,15 = 61,8 \text{ m/t},$$

im Schnitt $y - y$

Abb. 10.

$$M_2 = \frac{M_1 \cdot 1,17}{3,312} = \frac{61,8 \cdot 1,17}{3,312} = 21,83 \text{ m/t},$$

im Schnitt $z - z$

$$M_3 = \frac{M_1 \cdot 0,692}{3,312} = \frac{6,18 \cdot 0,692}{3,312} = = 12,9 \text{ m/t}.$$

Im Schnitt $x - x$ ist der in Text-Abb. 11 dargestellte Querschnitt vorhanden. Für denselben ist

$J = 697200$ cm^4

$l = 86,6$ cm

$W = 697200 : 86,6 = 8051$ cm^3

$\sigma = 6180000 : 8051 = 768$ kg/qcm.

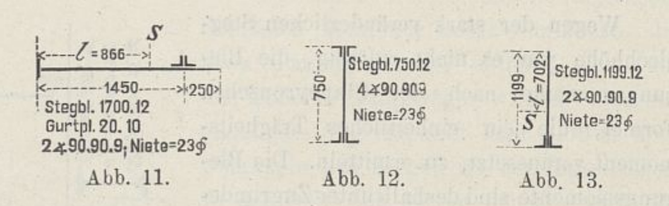


Abb. 11. Abb. 12. Abb. 13.

Im Schnitt $y - y$ ist der in Text-Abb. 12 dargestellte Querschnitt vorhanden. Für denselben ist

$J_n = 106300$ cm^4; $J_b = 120900$ cm^4

$l = 37,5$ cm

$W = 106300 : 37,5 = 2834$ cm^3

$\sigma = 2183000 : 2834 = 770$ kg/qcm.

Im Schnitt $z - z$ ist der in Text-Abb. 13 dargestellte Querschnitt vorhanden. Für denselben ist

$J = 241850$ cm^4

$l = 70,2$ cm

$W = 241850 : 70,2 = 3445$ cm^2

$\sigma = 1290000 : 3445 = 374$ kg/cm.

4. Die Hauptträger.

a) Die inneren Hauptträger. Die inneren Hauptträger haben ein in der Text-Abb. 14 dargestelltes Stegblech von 15 mm Stärke, das durch vier Winkel $160 \cdot 160 \cdot 15$ mm gesäumt ist. Dieser einheitlich durchgeführte Querschnitt wird den Biegungsmomenten entsprechend durch ein bis vier Gurtplatten von je $370 \cdot 16$ mm verstärkt. Die Niete sind 26 mm stark.

Für die in Frage kommenden Stegblechhöhen sind die Trägheitsmomente und Widerstandsmomente ermittelt. Die Ergebnisse sind nachstehend zusammengestellt.

Stegblechhöhe mm	$s = 1200$ kg/qcm	Ohne Gurtplatte	Anzahl der Gurtplatten			
			1	2	3	4
800	$J \cdot bz$ cm^4	300790	497880	710730	939960	1186150
	W cm^3	6843	10724	14562	18440	22364
	$W \cdot s$, m/t	82,12	128,69	174,74	221,28	268,37
1122	$J \cdot bz$ cm^4	671930	1055260	1460460	1888120	
	W cm^3	10930	16527	21953	27412	—
	$W \cdot s$, m/t	131,16	198,32	263,44	328,94	
1745	$J \cdot bz$ cm^4	1931280	2849210	3800810	4786670	
	W cm^3	20364	29302	37826	46373	—
	$W \cdot s$, m/t	244,37	351,62	453,91	556,48	

Die Trägheitsmomente J sind ohne Nietabzug, die Widerstandsmomente W mit Nietabzug berechnet.

Die Entfernung der inneren Hauptträger voneinander beträgt 1,775 m. Die Belastung derselben für 1 m Länge beträgt:

Eigengewicht einschließlich Tonnenbleche usw.		0,900 t
Wasser Auflast $3,0 \cdot 1,775$	. . . . .	= 5,325 „
Für Beton und Asphalt $0,24 \cdot 1,775$	. .	= 0,425 „
	zusammen	6,650 t.

Da die Auflast der Tonnenbleche durch die Längs- und Querträger auf die Hauptträger übertragen wird, so entstehen über den Seitenöffnungen 16 Felder von je 1,469 m Länge, über der Mittelöffnung 20 Felder von je 1,50 m Länge. Die Knotenpunktsbelastungen betragen somit $1,469 \cdot 6,65 = 9,768$ bzw. $1,50 \cdot 6,65 = 9,975$ t.

Wegen der stark veränderlichen Stegblechhöhe war es nicht zulässig, die Biegungsmomente nach der Clapeyronschen Formel, die ein einheitliches Trägheitsmoment voraussetzt, zu ermitteln. Die Biegungsmomente sind deshalb unter Zugrundelegung der wirklichen Trägheitsmomente nach dem Maxwellschen Satze aus der Biegungslinie berechnet. Um aber für die Wahl der Querschnitte Anhaltspunkte zu gewinnen, wurden zuerst für die Hauptträger, die Träger auf vier Stützen bilden, die Biegungsmomente nach der Clapeyronschen Formel ermittelt. Die Ergebnisse sind nachstehend zusammengestellt.

Aus diesen Biegungsmomenten sind nach Text-Abb. 14 unter Verwendung der auf S. 350 angegebenen Widerstandsmomente die vorläufigen Querschnitte in bekannter Weise

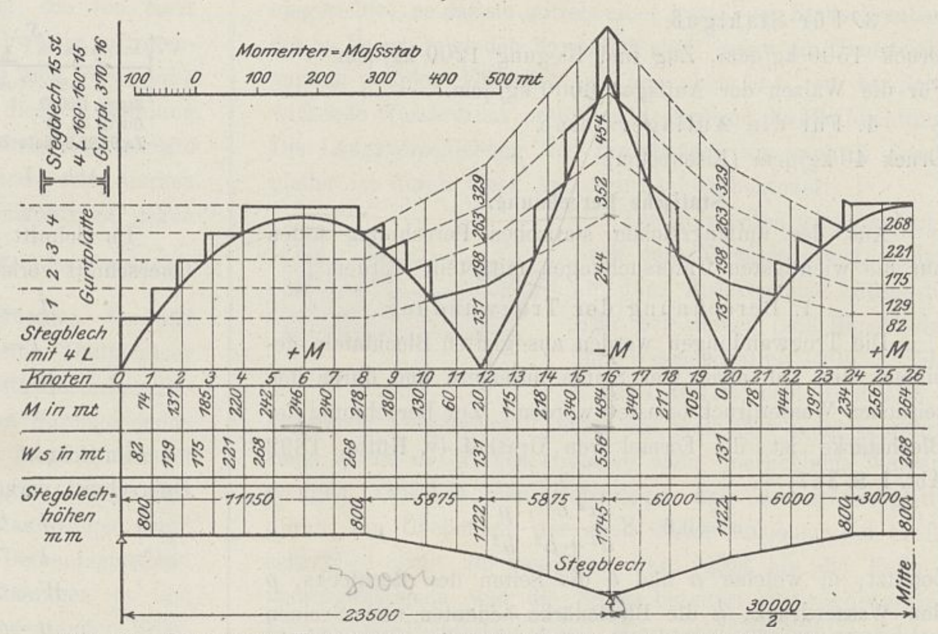


Abb. 14. Die inneren Hauptträger. Vorläufige Ermittlung der Gurtplattenlängen.

Biegungsmomente nach Clapeyron.

Knoten	0	1	2	3	4	5	6	7	8
M in m/t	0	74	137	185	220	242	246	240	218
Knoten	9	10	11	12	13	14	15	16	17
M in m/t	180	130	60	−20	−115	−218	−340	−484	−340
Knoten	18	19	20	21	22	23	24	25	26
M in m/t	−211	−105	0	78	144	197	234	256	264

ermittelt. Die den Querschnitten zugehörigen Trägheitsmomente wurden nunmehr in der von Müller-Breslau in der Zeitschrift des Hannoverschen Arch.- und Ing.-V. 1884 S. 278 (s. auch Hütte 1893 II S. 203) angegebenen Weise benutzt, um aus den Biegungslinien die Einflußlinien der mittleren Stützendrücke (Auflagerreaktionen) für eine wandernde Last P zu berechnen.

Die Form der Einflußlinie für den Stützendruck B ist durch die Text-Abb. 15 veranschaulicht. Die berechneten Ordinaten derselben in den Knotenpunkten sind nachstehend zusammengestellt.

Ordinaten der Einflußlinie für den Stützendruck B.

Knoten	Ordinate y	Knoten	Ordinate y	Knoten	Ordinate y	Knoten	Ordinate y
0	0	14	0,992	28	0,470	42	— 0,152
1	0,102	15	0,998	29	0,400	43	— 0,154
2	0,194	16	1,000	30	0,332	44	— 0,147
3	0,283	17	0,991	31	0,263	45	— 0,135
4	0,377	18	0,982	32	0,205	46	— 0,124
5	0,467	19	0,972	33	0,150	47	— 0,108
6	0,559	20	0,949	34	0,095	48	— 0,090
7	0,642	21	0,915	35	0,049	49	— 0,071
8	0,720	22	0,867	36	0	50	— 0,047
9	0,800	23	0,812	37	— 0,034	51	— 0,026
10	0,862	24	0,751	38	— 0,070	52	0
11	0,920	25	0,682	39	— 0,100		
12	0,952	26	0,615	40	— 0,123		
13	0,970	27	0,534	41	— 0,143		

Durch Multiplikation der einzelnen Knotenlasten mit den zugehörigen Einflußordinaten wird der Auflagerdruck B gewonnen.

Da für die Berechnung der inneren Hauptträger nur eine volle gleichmäßige Belastung in Frage kommt, so ist:

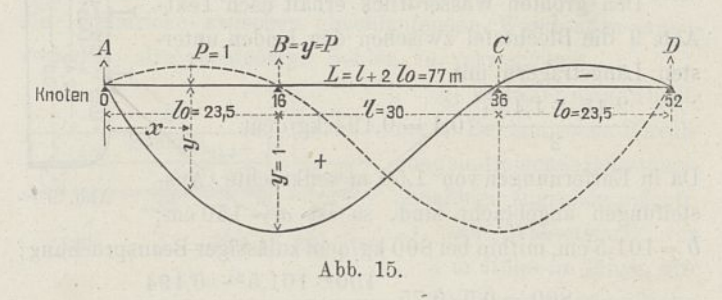


Abb. 15.

$$B = S^a\,(0 \text{ bis } 15) \cdot 9{,}768 = 9{,}847 \cdot 9{,}768 = 96{,}19 \text{ t}$$
$$+ \tfrac{1}{2}(9{,}768 + 9{,}975) \cdot 1{,}0 = 9{,}87 \text{ „}$$
$$+ S^a\,(17 \text{ bis } 35) \cdot 9{,}975 = 11{,}043 \cdot 9{,}975 = 110{,}16 \text{ „}$$
$$\text{zusammen } 216{,}22 \text{ t}$$
$$- S^a\,(37 \text{ bis } 51) \cdot 9{,}768 = -1{,}524 \cdot 9{,}768 = -14{,}89 \text{ „}$$
$$B = 201{,}33 \text{ t.}$$

Bei voller Belastung (Text-Abb. 15) wird $B = C$, $A = D$ und $A + B + C + D = 30 \cdot 9{,}768 + 2 \cdot 9{,}872 + 19 \cdot 9{,}975 = 502{,}31$ t, also $A = D = (502{,}31 - 2 \cdot 201{,}33) \cdot 0{,}5 = 49{,}82$ t.

Die hiernach berechneten Biegungsmomente sind nachstehend zusammengestellt und in Text-Abb. 16 zur Ermittlung der endgültigen Gurtplattenlängen verwertet.

Biegungsmomente.

Knoten	0	1	2	3	4	5	6
M in m/t	0	73,2	132,0	176,5	206,6	222,4	223,9
Knoten	7	8	9	10	11	12	13
M in m/t	211,0	183,7	142,2	86,2	15,9	−68,7	−167,6
Knoten	14	15	16	17	18	19	20
M in m/t	−280,9	−408,6	−550,6	−408,5	−281,3	−169,1	−71,8
Knoten	21	22	23	24	25	26	
M in m/t	10,5	77,8	130,2	167,6	190,0	197,5	

b) Die äußeren Hauptträger.

Die äußeren Hauptträger werden, abgesehen vom Eigengewicht, das zu 0,7 t für 1 m Länge ermittelt ist, nur in den Knotenpunkten 0, 4, 8, 12 usw. bis 52 belastet.

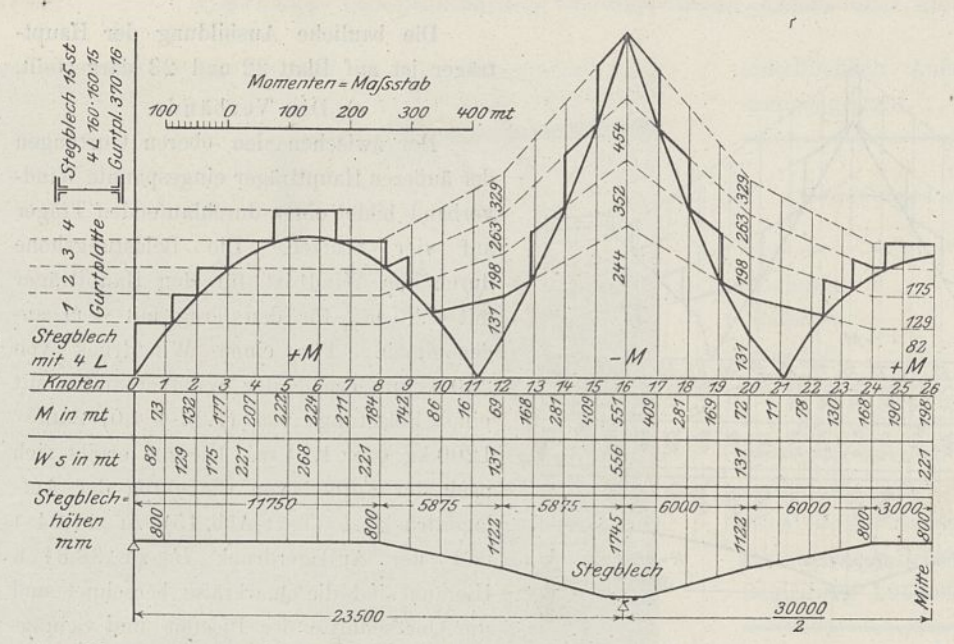


Abb. 16. Die inneren Hauptträger. Endgültige Ermittlung der Gurtplattenlängen.

Der mit 10 t angenommene wagerechte Schiffsstoß kann nur durch die Böcke, die etwa 6 m voneinander entfernt sind, auf den äußeren Hauptträger wirken. Der ungünstigste Angriffspunkt liegt 3,06 m über Oberkante des Stegblechs der Hauptträger. In der Text-Abb. 17 ist daher statt h der Wert $h_1 = h + (3{,}06 - 1{,}14) = h + 1{,}92$ m einzusetzen und in die zugehörige Formel $W \cdot b = 10$t. Dann ergibt sich für die Knotenpunkte

4; $h = 3{,}845$; $A_4 = 11{,}61$ t,
8; $h = 3{,}892$; $A_8 = 11{,}75$ t,
12; $h = 4{,}214$; $A_{12} = 12{,}72$ t,
16; $h = 4{,}846$; $A_{16} = 14{,}63$ t,
20; $h = 4{,}204$; $A_{20} = 12{,}69$ t,
24; $h = 3{,}885$; $A_{24} = 11{,}73$ t.

Die Knotenpunktsbelastungen sind nachstehend zusammengestellt:

Die ständige Belastung dieser Knotenpunkte beträgt:

1. aus der Fahrbahn des Treidelwegs = 1,2 t,
2. aus dem lotrecht wirkenden Wasserdruck = 0,204 t/m,
3. aus dem Gewicht der Trogwand und den Queraussteifungen 1,5 t,
4. aus dem wagerecht wirkenden Wasserdruck, der bei 3,0 m Wassertiefe $W = \frac{3{,}0 \cdot 3{,}0}{2} = 4{,}5$ t/m beträgt, nach Text-Abb. 17

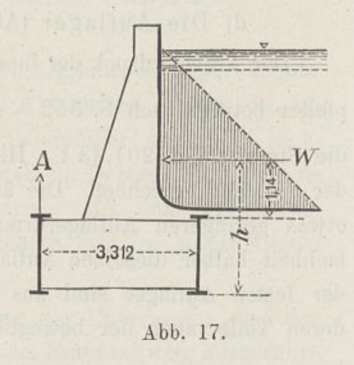


Abb. 17.

$$A \cdot 3{,}312 = W \cdot h \cdot b,$$
$$A = \frac{4{,}5}{3{,}312} \cdot h \cdot b.$$

Da h je nach der Höhe der Hauptträger über den Knotenpunkten verschieden ist, so ist auch die Belastung der Knotenpunkte verschieden. Für Knotenpunkt 4 z. B. ist $h = 1{,}925$ m, $b = 5{,}875$ m, mithin $A_4 = \frac{4{,}5 \cdot 1{,}925}{3{,}312} \cdot 5{,}875 = 15{,}36$ t.

Für die Knotenpunkte

8 ist $h = 1{,}972$; $b = 5{,}875$; $A_8 = 15{,}74$ t,
12 ist $h = 2{,}294$; $b = 5{,}875$; $A_{12} = 18{,}31$ t,
16 ist $h = 2{,}926$; $b = 5{,}938$; $A_{16} = 23{,}61$ t,
20 ist $h = 2{,}284$; $b = 6{,}00$; $A_{20} = 18{,}62$ t,
24 ist $h = 1{,}965$; $b = 6{,}00$; $A_{24} = 16{,}02$ t.

Die bewegliche Belastung der Knotenpunkte setzt sich zusammen:

1. aus dem Gewicht der Treidellokomotive von 11 t Dienstgewicht mit Menschengedränge von 200 kg/qm vor und hinter derselben. Hieraus ergibt sich der Lastenzug, Text-Abb. 18;
2. aus dem Schiffsstoß.

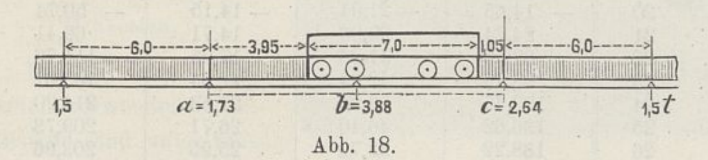


Abb. 18.

a) Für ständige Belastung.

Knoten	1 u. 51	2 u. 50	3 u. 49	4 u. 48	5 u. 47	6 u. 46	7 u. 45
t	1,03	1,03	1,03	20,29	1,03	1,03	1,03
Knoten	8 u. 44	9 u. 43	10 u. 42	11 u. 41	12 u. 40	13 u. 39	14 u. 38
t	20,67	1,03	1,03	1,03	23,23	1,03	1,03
Knoten	15 u. 37	16 u. 36	17 u. 35	18 u. 34	19 u. 33	20 u. 32	21 u. 31
t	1,03	28,56	1,05	1,05	1,05	23,49	1,05
Knoten	22 u. 30	23 u. 29	24 u. 28	25 u. 27	26		
t	1,05	1,05	20,99	1,05	1,05		

b) Für bewegliche Belastung.

Knoten	durch den Schiffsstoß t	durch die Treidellokomotive (Text-Abb. 18) t	durch Menschengedränge t
4 u. 48	11,61	$a = 1{,}73$; $b = 3{,}88$; $c = 2{,}64$	1,50
8 u. 44	11,57	wie vor	1,50
12 u. 40	12,72	„	1,50
16 u. 36	14,63	„	1,50
20 u. 32	12,69	„	1,50
24 u. 28	11,73	„	1,50

Zur Bestimmung der statisch unbestimmten Auflagerdrücke der äußeren Hauptträger kann ohne erhebliche Fehler die für die inneren Hauptträger berechnete Einflußlinie benutzt werden. Hieraus ergibt sich für die ständige Belastung $B = C = 134{,}19$ t; $A = D = 23{,}80$ t. Hierdurch sind die Unterlagen zur Berechnung der Biegungsmomente für die ständige Belastung gegeben.

Zur Berechnung der größten Biegungsmomente durch die bewegliche Belastung sind die Einflußlinien für A und D bzw. B und C erforderlich. Die Einflußlinie für B ist bekannt. Die Einflußlinie für C ist, da der Träger auf vier Stützen gleiche Seitenöffnungen hat, das Spiegelbild der Einflußlinie für B (gestrichelte Linie in Text-Abb. 15).

Der Auflagerdruck A ergibt sich nunmehr aus der Gleichung

$$A \cdot L + B(l + l_0) + C \cdot l_0 = P \cdot (l - x).$$
$$A = \frac{P \cdot (L-x) - B(l-l_0) - C \cdot l_0}{L} = \frac{P \cdot (77-x) - B \cdot 53{,}5 - C \cdot 23{,}5}{77}.$$

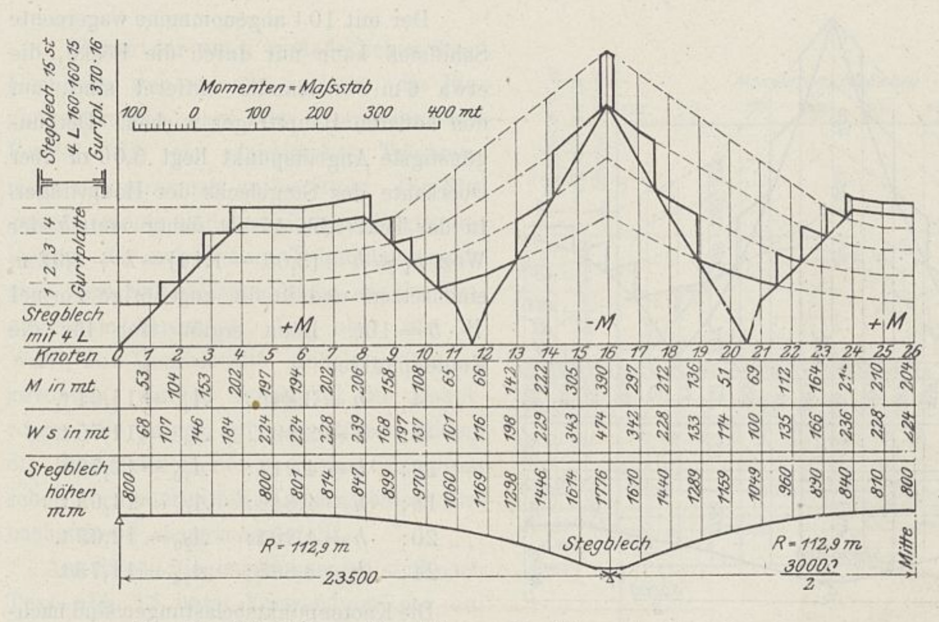


Abb. 19. Die äußeren Hauptträger. Ermittlung der Gurtplattenlängen.

Die bauliche Ausbildung der Hauptträger ist auf Blatt 22 und 23 dargestellt.

c) Die Verbände.

Der zwischen den oberen Gurtungen der äußeren Hauptträger eingespannte Windverband bildet einen durchlaufenden Träger auf vier Stützen. Die Belastungshöhe durch den Wind ist für den Hauptträger mit 1,20 m, für den Trog mit 4 m angenommen. Für einen Winddruck von 250 kg/qm erhält der Windverband somit eine Belastung von $(1{,}20 + 4{,}0) \cdot 250 =$ 1200 kg oder 1,2 t/m. Hieraus ergibt sich nach der Formel von Clapeyron der Auflagerdruck A (Text-Abb. 15) zu 11,24 t und der Auflagerdruck B zu 38,81 t. Hieraus sind die Querkräfte berechnet und die Querschnitte der Pfosten und Schrägstäbe ermittelt.

Unter Benutzung der Ordinaten der Einflußlinien für B (Text-Abb. 15) ergeben sich hiernach die Ordinaten der Einflußlinien für A, B, C und D für die in Frage kommenden Knotenpunkte wie folgt.

Lastenstellung im Knoten	Ordinaten y der Einflußlinien für die Auflagerdrücke			
	A	B	C	D
0	1,000	0	0	0
4	0,689	0,377	— 0,090	0,024
8	0,392	0,720	— 0,147	0,035
12	0,147	0,952	— 0,123	0.024
16	0	1,000	0	0
20	— 0,105	0,949	0,205	— 0,049
24	— 0,126	0,751	0.470	— 0,095
28	— 0,095	0,470	0,751	— 0,126
32	— 0,049	0,205	0,949	— 0,105
36	0	0	1,000	0
40	0,024	— 0,123	0,952	0,147
44	0,035	— 0,147	0,720	0,392
48	0,024	— 0,090	0,377	0,689
52	0	0	0	1,000

Hierdurch sind auch für die bewegliche Belastung alle Unterlagen für die Berechnung der Biegungsmomente gegeben, z. B. ist für den Schiffsstoß $M_4 = 0{,}689 \cdot 5{,}875 \cdot 11{,}61 =$ 46,99 m/t, für die Treidellokomotive mit Menschengedränge für M_4

$$A = 3{,}88 \cdot 0{,}689 + 2{,}64 \cdot 3{,}92 + 1{,}50 (0{,}147 + 0{,}024 + 0{,}035 + 0{,}024)$$
$$= 4{,}05 \text{ t.} \quad M_4 = 4{,}05 \cdot 5{,}875 = 23{,}80 \text{ m/t.}$$

Die so berechneten größen Biegungsmomente sind nebenstehend (S. 356) zusammengestellt.

Als Grundquerschnitt für die Hauptträger ist, wie bei den mittleren Hauptträgern, wiederum ein Stegblech von 15 mm Stärke gewählt, das durch vier Winkel $160 \cdot 160 \cdot 15$ mm gesäumt ist. Dieser Grundquerschnitt wird den Biegungsmomenten entsprechend durch ein bis vier Gurtplatten von $370 \cdot 16$ mm verstärkt.

Nun sind für jede Höhe des Stegblechs in den Knotenpunkten die Widerstandsmomente ohne Gurtplatte und mit ein bis vier Gurtplatten berechnet, mit der zulässigen Beanspruchung (1000 kg/qcm) multipliziert und in bekannter Weise zur Ermittlung der Gurtplattenlängen verwertet (Text-Abb. 19).

d) Die Auflager (Abb. 4, 5 u. 5a Bl. 23).

Der Auflagerdruck der inneren Hauptträger auf die Landpfeiler beträgt nach S. 352 $= 49{,}82 + \frac{9{,}768}{2} = 54{,}70$ t, auf die Strompfeiler 201,33 t. Hiernach sind die Abmessungen der Auflager berechnet. Die äußeren Hauptträger, die einen etwas geringeren Auflagerdruck erzeugen, haben der Einfachheit halber dieselben Auflager erhalten. Die Lagerstühle der festen Auflager sind aus Gußeisen hergestellt, alle anderen Teile, auch der beweglichen Auflager, aus Stahlguß.

Bauausführung.

Mit den Arbeiten zur Herstellung der Unterbauten wurde am 23. September 1912 begonnen. Die Land- und Strompfeiler waren im August 1913 bis zur Höhe der Auflager so weit fertiggestellt, daß mit dem Aufbringen der eisernen

Biegungsmomente.

Knoten	aus ständiger Belastung m/t	durch den Schiffsstoß m/t	durch Treidellokomotive usw. m/t	Zusammen m/t
0	0	0	0	0
1	34,96	11,75	5,95	52,66
2	68,42	23,50	11,90	103,82
3	100,36	35,25	17,85	153,46
4	130,77	46,99	23,80	201,56
5	131,40	41.59	24,06	197,15
6	130,52	40,69	23,33	194,44
7	128,13	47,36	26,59	202,08
8	124 23	54,13	28,18	206,54
9	89,96	43,85	24,26	158,07
10	54,18	33,14	20,71	108,03
11	16,83	30,22	17,58	64,69
12	— 21,88	— 26,05	— 17,68	— 65,61
13	— 94,76	— 28,22	— 19,25	— 142,23
14	— 169,20	— 30,39	— 22,56	— 222,14
15	— 245,14	— 32,56	— 27,78	— 305,48
16	— 322,60	— 34,73	— 33,16	— 390,49
17	— 243,25	— 27,86	— 26,15	— 297,26
18	— 165,48	— 25,88	— 20,54	— 211,90
19	— 89,28	— 23,89	— 16,71	— 129,88
20	— 14,65	— 21,94	— 14,15	— 50,74
21	24,74	29,96	14,71	69,41
22	62,55	31,26	17,95	111.76
23	98,79	42,24	22,64	163,67
24	133,45	53,22	27,53	214,20
25	136,62	46,40	26,71	209,73
26	138,22	33,79	25,95	203,96

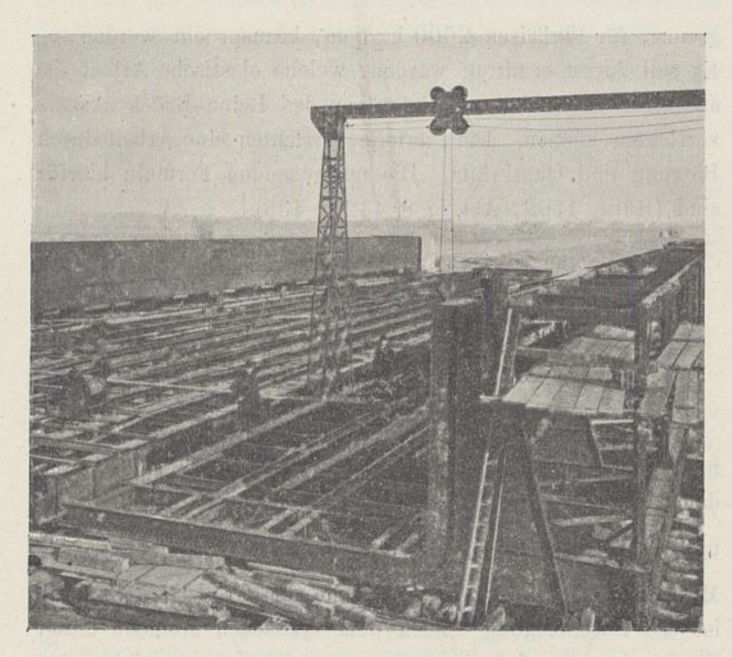


Abb. 20. Aufbringen der eisernen Überbauten.

Überbauten (Text-Abb. 20 u. 21) begonnen werden konnte. Entsprechend dem Fortgang der Aufstellung wurden die Arbeiten für die Anschlüsse der Landpfeiler sowie die Dichtungsarbeiten derart betrieben, daß im Dezember 1914 beide Brückenkanäle fertiggestellt waren. Mit dem Füllen der Tröge konnte aus Betriebsrücksichten erst im Monat August 1915 begonnen werden.

Die Arbeiten zur Herstellung der Unterbauten sind von dem Bauunternehmer Fr. Preuße in Braunschweig ausgeführt, die Bleidichtungsarbeiten von der Firma Malchow in Leopoldshall bei Staßfurt. Die Werksteine sowie einen Teil der Bruchsteine lieferte die Firma Michelsohn in Hausberge, die Schüttsteine, die Schottersteine sowie einen Teil der Bruchsteine die Firma Wilharm u. Ko. in Hannover. Die eisernen Überbauten sowie die Absperrvorrichtungen wurden von der Brückenbauanstalt Louis Eilers in Herrenhausen angefertigt und aufgestellt. Letztere hat auch im Benehmen mit der Kanalbaudirektion in Hannover die statischen Berechnungen sowie die Ausführungszeichnungen geliefert. Die Asphaltarbeiten für die Trogsohle sind von der Deutschen Asphalt-Aktiengesellschaft in Hannover ausgeführt.

Die Entwürfe für die Unterbauten wurden von dem Kanalbauamt in Hannover, dem auch die örtliche Bauleitung der Gesamtbauwerke oblag, aufgestellt.

Baukosten.

Die für die Überbauten verwendeten Metallstoffe sind unter Beifügung der Vertragspreise einschließlich Aufstellung und Anstrich nachstehend zusammengestellt.

Gegenstand	Hauptbrücke		Flutbrücke	
	t	für 1 t Mark	t	für 1 t Mark
Flußeisen	1223,80	265	721,62	261
Gußeisen	3,21	265	2,49	261
Stahlguß	47,64	384	31,41	380

Zur Herstellung der beiden Absperrvorrichtungen sind verwendet ausschließlich der Nadeln, die auch für die Notverschlüsse der Schleusen verwendet werden, 19,43 t Flußeisen, 4,01 t Stahlguß und 0,41 t Ketteneisen. Die Gesamtkosten beider Brückenkanäle betragen ohne Grunderwerb und Bauleitung 1064800 Mark. Hiervon entfallen

	auf die	
	Hauptbrücke	Flutbrücke
für den Unterbau	244300 Mark	197750 Mark
für den Überbau	379100 „	228610 „
für die Absperrvorrichtung . .	7500 „	7540 „
Zusammen	630900 Mark	433900 Mark.

Anhang.

Untersuchung über die Stoßkraft von Lastkähnen gegen die Trogwandung (S. 348).

Die lichte Weite des Trogs zwischen den Schrammbalken beträgt 23,50 m. Die Abmessungen der größten auf dem Ems-Weser-Kanal verkehrenden Lastkähne betragen nach der Wasserpolizeiverordnung vom 25. November 1914: Länge = 67 m; Breite zwischen den Außenkanten der Scheuerleisten = 8,20 m, größter Tiefgang = 1,75 m. Die höchste zulässige Fahrgeschwindigkeit ist zu 5 km in der Stunde = 1,39 m in der Sekunde festgestellt. Wird die Stärke der Scheuerleisten zu 0,10 m angenommen, so bleibt für den Schiffskörper eine Breite von 8 m. — Behufs Vereinfachung

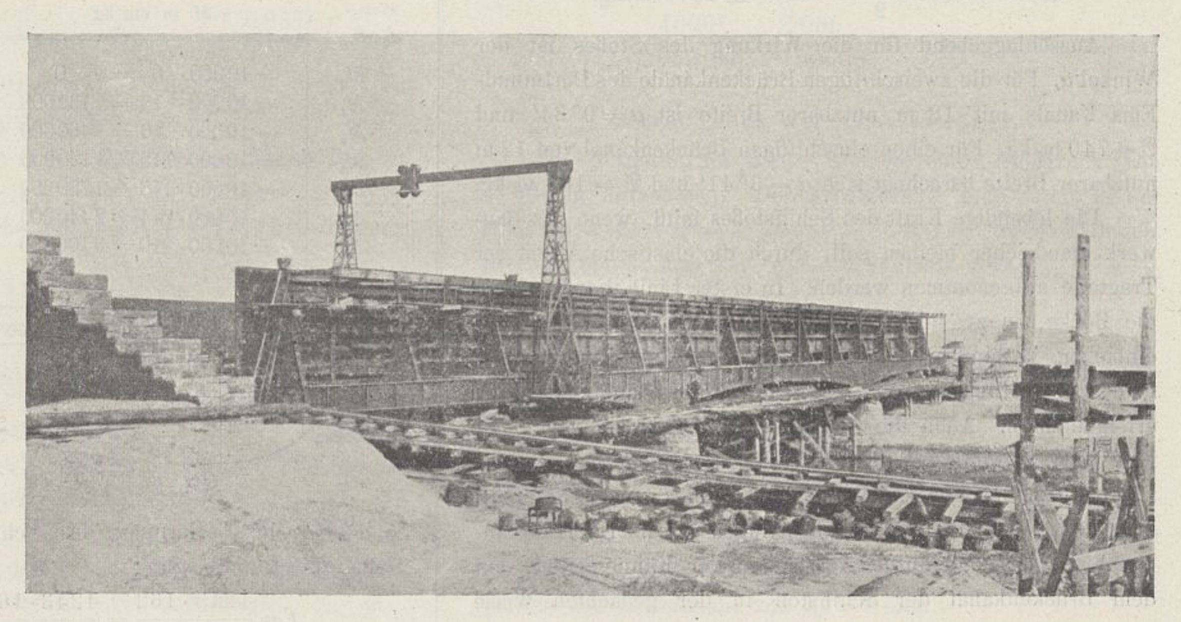


Abb. 21. Aufbringen der eisernen Überbauten.

der Berechnung ist für die Lastkähne die Form der auf dem Dortmund-Ems-Kanal verkehrenden sogenannten Löffelkähne angenommen. Diese Kähne haben im Grundriß annähernd kreisrunde Abschlüsse (Text-Abb. 22). Der polare Trägheitshalbmesser k eines solchen Kahnes berechnet sich wie folgt:

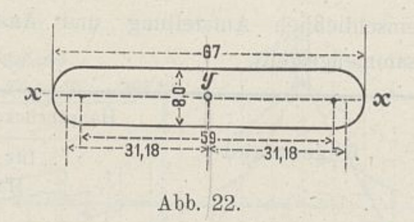


Abb. 22.

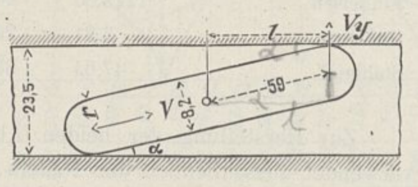


Abb. 23.

$$J_x = \frac{59 \cdot 8^3}{12} + \frac{8^4 \cdot \pi}{64} = 2718 \cdot \mathrm{m}^4.$$

$$J_y = \frac{8 \cdot 59^3}{12} + \frac{8^4 \cdot \pi}{64} + \frac{8^2 \cdot \pi}{4} \cdot 31{,}18^2 = 185\,920 \cdot \mathrm{m}^4.$$

$$J_p = J_x + J_y = 2718 + 185\,920 \cong 188\,600 \cdot \mathrm{m}^4.$$

$$F = 59{,}8 + \frac{8^2 \cdot \pi}{4} = 522{,}3 \text{ qm};$$

$$k = \sqrt{\frac{J_p}{F}} = \sqrt{\frac{188\,600}{522{,}3}} = 19{,}0 \text{ m}.$$

Die ungünstigste Stoßwirkung des Kahnes beim Ausscheren entsteht, wenn er beide Trogwandungen berührt. Dann wird (Text-Abb. 23)

$$2r + 59 \cdot \sin\alpha = 23{,}5.$$

$$r = 4{,}1 \text{ m}; \quad \alpha = 15^0\ 2'.$$

$$l = \frac{59}{2} \cdot \cos\alpha = 28{,}5 \text{ m}.$$

$$v_y = 1{,}39 \cdot \sin\alpha = 0{,}361 \text{ m}.$$

Die lebendige Kraft des Stoßes senkrecht zur Trogwandung ist dann $\mathfrak{A} = \frac{m_1 \cdot v_y^2}{2}$. In diesem Werte ist m_1 die auf den Stoßpunkt reduzierte Masse $= m \cdot \frac{k^2}{k^2 + l^2}$. Die Masse des Kahnes ist $= \frac{522{,}3 \cdot 1{,}75 \cdot 1000}{9{,}81} = 93\,170$ kg, mithin,

$$m_1 = 93\,170 \cdot \frac{19{,}0^2}{19{,}0^2 + 28{,}5^2} = 93\,170 \cdot 0{,}308.$$

$$\mathfrak{A} = \frac{93\,170 \cdot 0{,}308 \cdot 0{,}361^2}{2} \cong 1870 \text{ m/kg}.$$

Ausschlaggebend für die Wirkung des Stoßes ist der Winkel α. Für die zweischiffigen Brückenkanäle des Dortmund-Ems-Kanals mit 18 m nutzbarer Breite ist $\alpha = 9^0\ 34'$ und $\mathfrak{A} = 740$ m/kg. Für einen einschiffigen Brückenkanal von 12 m nutzbarer Breite berechnet sich $\alpha = 3^0\ 41'$ und $\mathfrak{A} = 107$ m/kg.

Die lebendige Kraft des Schiffsstoßes muß, wenn das Bauwerk standsicher bleiben soll, durch die elastische Arbeit der Tragteile aufgenommen werden. In erster Linie dienen hierzu die Böcke, in zweiter Linie die Fußträger der Böcke. Die einfachen Verbindungsträger zwischen den Böcken kommen nicht zur Geltung, weil der Stoß unmittelbar auf einen Bock erfolgen kann. Auch die äußeren Hauptträger kommen nicht in Frage, wenn der Stoß über den Strompfeilern oder den Landpfeilern auf den Endbock erfolgt, weil dann die Stoßkraft unmittelbar auf die Auflager übertragen wird. Da nicht anzunehmen ist, daß durch Ausscheren der Kähne gerade auf dem Brückenkanal der Schiffstoß in der gedachten Weise häufig erfolgen wird, so können die Bauteile bis zur Elastizitätsgrenze, für Flußeisen 2000 kg/qcm, beansprucht werden. — Es soll zuerst ermittelt werden, welche elastische Arbeit die ausgeführten Böcke und Fußträger des Leine-Brückenkanals verrichten können. Die Bauteile verrichten eine Arbeit durch Biegung und Querkräfte. Die maßgebenden Formeln hierfür sind (Hütte 1908, Abt. I, S. 432 u. 433)

für Biegung . . . 1) $\mathfrak{A}_1 = \frac{1}{2} \cdot \int \frac{M^2 \cdot dx}{E \cdot J}$,

für die Querkräfte . . 2) $\mathfrak{A}_2 = \frac{1}{2} \cdot \int \frac{Q^2 \cdot dx}{F \cdot G}$.

Arbeit der Böcke.

Die Verwendung der Formel 1 für die Böcke ist sehr umständlich, weil J veränderlich ist. Einfacher ist es nach dem Verfahren von Mohr die Durchbiegung f zu ermitteln und hieraus $\mathfrak{A}_1 = \frac{P \cdot f}{2}$ zu berechnen. Das Verfahren von Mohr lautet: „Man bilde die Fläche der Größen $M : J$, dann ist die Durchbiegung gleich dem statischen Moment dieser Fläche, bezogen auf die Stelle, an welcher die Durchbiegung gesucht wird, dividiert durch den Elastizitätsmodulus E des Materials".

Die Böcke haben eine Blechwand von 12 mm Stärke, die durch vier Winkel 90 · 90 · 9 mm gesäumt ist. Auf den rückseitigen Winkeln liegt eine Gurtplatte von 200 · 10 mm. Auf den vorderen Winkeln liegt die Blechwand des Trogs von 10 mm Stärke, von der ein Streifen von 200 mm Breite als Gurtplatte wirkend anzunehmen ist. Nach Text-Abb. 24 sind nun die Böcke in wagerechte Streifen zerlegt und in den Schnittlinien die Biegungsmomente für einen Stoßdruck von $P = 10\,000$ kg sowie die Trägheitsmomente der Querschnitte ermittelt. — Das weitere ist aus der nachstehenden Tabelle ersichtlich.

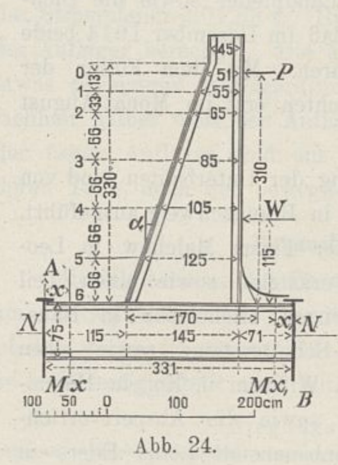


Abb. 24.

	M in cm/kg	J in cm⁴	$M:J$
M_0	$= 10000 \cdot 0 = 0$	—	0
M_1	$= 10000 \cdot 13 = 130000$	$J_1 = 86700$	1,50
M_2	$= 10000 \cdot 46 = 460000$	$J_2 = 127000$	3,62
M_3	$= 10000 \cdot 112 = 1120000$	$J_3 = 234000$	4,79
M_4	$= 10000 \cdot 178 = 1780000$	$J_4 = 382000$	4,66
M_5	$= 10000 \cdot 244 = 2440000$	$J_5 = 576000$	4,24
M_6	$= 10000 \cdot 310 = 3100000$	$J_6 = 907000$	3,42

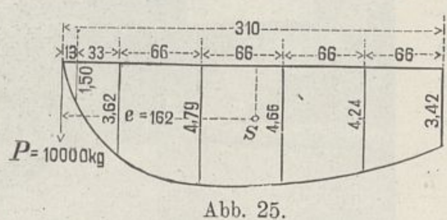


Abb. 25.

Hieraus ergibt sich die in Text-Abb. 25 dargestellte $M : J$-Fläche.

Die Größe der Fläche ist nach besonderer Berechnung $= 1243$, die Entfernung des Schwerpunktes $e = 162$ cm, daher die Durchbiegung

$$f = \frac{1243 \cdot 162}{E} = \frac{1243 \cdot 162}{2\,150\,000} = 0{,}0937 \text{ cm}.$$

Da das nutzbare Widerstandsmoment des Querschnittes im Schnitt 6 nach S. 349 = 8051 cm³ ist, so ergibt sich $P \cdot 310 = \sigma \cdot 8051$. Von der Beanspruchung $\sigma = 2000$ kg/qm für die Durchbiegung des Bockes wird aber in Anspruch genommen durch den Wasserdruck, der 27000 kg beträgt, $\sigma_1 = \frac{27000 \cdot 115}{8051} = 386$ kg/qcm. Mithin verbleiben für die Arbeit noch $\sigma_2 = 2000 - 386 = 1614$ kg/qcm, so daß $P = \frac{1640 \cdot 8051}{1614} = 41\,900$ kg betragen darf.

Dann ist

$$\mathfrak{A}_1 = \frac{41\,900 \cdot 4{,}19 \cdot 0{,}0937}{2} = 8225 \text{ cm/kg} = 82{,}3 \text{ m/kg}.$$

Für die Arbeit der Querkräfte ist in Formel 2 einzusetzen:

G (Gleitmodul) $= {}^5/_{13}\, E$ (Hütte 1908, I, S. 394),

$F = 1{,}2\,(51 + x \cdot \operatorname{tg} \alpha)$ (Text-Abb. 24),

$\operatorname{tg} \alpha = 1000 : 3300 = 0{,}3$.

$Q = P = 41\,900$ kg, mithin

$$\mathfrak{A}_2 = \frac{1}{2} \int_{x=0}^{x=310} \frac{P^2 \cdot dx}{1{,}2\,(51 + 0{,}3\,x)\,{}^5/_{13} \cdot E} = \frac{13\,P^2}{2 \cdot 1{,}2 \cdot 5 \cdot E} \int_{x=0}^{x=310} \frac{dx}{51 + 0{,}3 \cdot x}$$

$$= \frac{13 \cdot P^2}{12\,E} \cdot \frac{1}{0{,}3}\, l \cdot n \left(51 + 0{,}3\,x\right)_{x=0}^{x=310}$$

$$= \frac{13 \cdot P^2}{3{,}6 \cdot E} (l \cdot n \cdot 144 - l \cdot n \cdot 51)$$

$$= \frac{13 \cdot 41900^2}{3{,}6 \cdot 2\,150\,000} (4{,}970 - 3{,}932) = 3061 \text{ cm/kg} = 30{,}6 \text{ m/kg}.$$

Arbeit der Fußträger (Text-Abb. 24).

Für den linken Teil der Fußträger ist:

$$A = \frac{P \cdot 310}{331} = 0{,}937 \cdot P; \quad M = A \cdot x + P \cdot \frac{75}{2} = P\left(0{,}937\,x + \frac{75}{2}\right),$$

mithin für Biegung:

$$\mathfrak{A}_3 = \frac{1}{2 \cdot E \cdot J} \int M^2 \cdot dx$$

$$= \frac{P^2}{2 \cdot E \cdot J} \int_{x=0}^{x=115} 0{,}937 \cdot x^2 \cdot dx + 0{,}937 \cdot 75 \cdot x \cdot dx + \frac{75^2}{4} \cdot dx.$$

Für $P = 41\,900$ kg und $J = 120\,900$ cm⁴ (S. 350) ist dann

$$\mathfrak{A}_3 = \frac{41900^2 \cdot 115}{2 \cdot 2150000 \cdot 120900} \left(\frac{0{,}937^2 \cdot 115^2}{3} + \frac{0{,}937 \cdot 75 \cdot 115}{2} + \frac{75^2}{4}\right)$$

$$= 3620 \text{ cm/kg} = 36{,}2 \text{ m/kg}.$$

Für den rechten Teil der Fußträger ist:

$$M = -B \cdot x_1 = -0{,}937 \cdot P \cdot x_1 \qquad \mathfrak{A}_4 = -\frac{P^2 \cdot 0{,}937^2}{2 \cdot E \cdot J} \int_{x_1=0}^{x_1=71} x^2 \cdot dx$$

$$= -\frac{41900^2 \cdot 0{,}937^2}{2 \cdot 2\,150\,000 \cdot 120\,900} \cdot \frac{71^3}{3} = 356 \text{ cm/kg} \cong 3{,}6 \text{ m/kg}.$$

Die Arbeit der Querkräfte ergibt sich für den linken Teil zu

$$\mathfrak{A}_5 = \frac{1}{2} \int_{x=0}^{x=115} \frac{Q^2 \cdot dx}{F \cdot G}; \quad Q = A = 0{,}937 \cdot P; \quad F = 75 \cdot 1{,}2 = 90 \text{ qcm}.$$

$$\text{daher } \mathfrak{A}_5 = \frac{0{,}937^2 \cdot P^2 \cdot 115 \cdot 13}{2 \cdot 90 \cdot E \cdot 5} = 1191 \text{ cm/kg} = 11{,}9 \text{ m/kg}$$

Für den rechten Teil ist $\mathfrak{A}_6 = \mathfrak{A}_5 \cdot \frac{71}{115} = 7{,}4$ m/kg.

Die Gesamtarbeitsleistung beträgt mithin:

durch Biegung $\mathfrak{A}_1 + \mathfrak{A}_3 + \mathfrak{A}_4 = 82{,}3 + 36{,}2 + 3{,}6 = 122{,}1$ m/kg,
durch Querkräfte $\mathfrak{A}_2 + \mathfrak{A}_5 + \mathfrak{A}_6 = 30{,}6 + 11{,}9 + 7{,}4 = 49{,}9$ „
zusammen 172 m/kg.

Die Böcke können daher von dem berechneten Schiffstoß von 1870 m/kg nur etwa 9 vH. aufnehmen.

Ein gutes Mittel zur Vermehrung der elastischen Arbeit ergibt sich, wenn statt des einen Verbindungsträgers zwischen den Böcken zwei Träger seitlich übereinander angebracht werden. Diese vom Verfasser in Vorschlag gebrachte Anordnung soll, da sie nicht ohne Wert sein dürfte, nachstehend beschrieben werden.



Abb. 26.

Wenn über dem oberen Träger o (Text-Abb. 26), den wir als Stoßträger bezeichnen wollen, eine Last P wandert, so drückt diese Last auf den unteren Träger u, den wir als Arbeitsträger bezeichnen wollen, in den Punkten a und c mit

$$a = \frac{P \cdot (l - x)}{l} \quad \text{und} \quad c = \frac{P \cdot x}{l}.$$

Diese Drücke werden vom Träger u auf die Böcke A, B und C wie folgt übertragen:

$$A = \frac{a}{2} = \frac{P \cdot (l - x)}{2\,l}; \quad B = \frac{a + c}{2} = \frac{P \cdot (l - x) + P \cdot x}{2 \cdot l} = \frac{P}{2};$$

$$C = \frac{c}{2} = \frac{P \cdot x}{2\,l}.$$

Es wird somit $A_{max} = \frac{P}{2}$; $B_{max} = \frac{P}{2}$ und $C_{max} = \frac{P}{2}$.

Diese Anordnung hat den Vorteil:

1. Jeder Bock erhält höchstens die halbe Last P.
2. Die Arbeitsträger werden stets in der Mitte mit zusammen P belastet und können, wenn sie elastisch ausgebildet werden, eine bedeutende Arbeit leisten. Insbesondere ist hierfür weicher Nickelstahl geeignet, für den nach der Hütte 1908, I, S. 395 der Elastizitätsmodulus $E = 2\,089\,000$ und eine Beanspruchung von 4000 kg/qcm bis zur Elastizitätsgrenze anzunehmen ist.

Da die Arbeitsleistung eines symmetrisch zur neutralen Faser ausgebildeten Trägers $= \frac{1}{3} \frac{W \cdot s^2 \cdot l}{E \cdot h}$ ist, so verhält sich für Biegung die Arbeitsleistung eines Nickelstahlträgers zu der eines Flußeisenträgers wie

$$\frac{4000^2}{2\,089\,000} : \frac{2000}{2\,150000} = 4{,}1 : 1.$$

Berechnung der Arbeitsträger.

Die ausgeführten Böcke können einen Stoßdruck von 41 900 kg aufnehmen. Der Arbeitsträger muß somit in der Mitte eine Last $P = 2 \cdot 41\,900 = 83800$ kg tragen können. Hierzu kommt noch der Wasserdruck mit etwa

$$\frac{6{,}0 \cdot 1{,}6^2}{2} \cdot \frac{1}{3} \cdot 1000 = 2560 \text{ kg}.$$

Der Träger muß also in der Mitte ein Widerstandsmoment von

$$W = \frac{83\,800 + 2560}{4 \cdot 4000} \cdot 600 = 3239 \text{ cm}^3$$

aufweisen.

Mit Rücksicht auf große Durchbiegung wird gewählt ein Differdinger I-Träger B 34, verstärkt durch zwei Gurtplatten aus Nickelstahl von 325 · 8 mm.

Für B 34 ist $J_0 = 35\,241$ cm⁴; $W_0 = 2073$ cm³; S (statisches Moment) $= 1162$ cm² und t (Stegstärke) $= 1{,}34$ cm.

Durch die Gurtplatten wird der Träger so verstärkt, daß er besitzt (W mit Nietabzug)

mit einer Gurtplatte $J_1 = 50\,990$ cm⁴; $W_1 = 2525$ cm³,

mit zwei Gurtplatten $J_2 = 68\,220$ cm⁴; $W_2 = 3229$ cm³.

Die Längen der Gurtplatten berechnen sich hieraus zu 270 bzw. 146 cm (Text-Abb. 27).

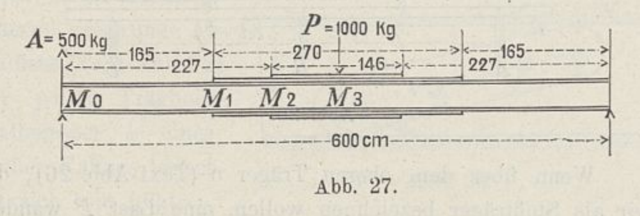


Abb. 27.

Die Ermittlung der Durchbiegung in der Mitte durch die Biegungsmomente der Last $P = 83\,800$ kg geschieht am einfachsten mit Hilfe des bereits erwähnten Verfahrens von Mohr.

Die Belastung P_1 sei 1000 kg, dann ist:

	M in cm/kg	J in cm⁴	$M:J$
M_0	$= 0$	35 240	0
M_1	$= 500 \cdot 165 = 82\,500$	35 240 50 990	2,341 1,618
M_2	$= 500 \cdot 227 = 113\,500$	50 990 68 220	2,226 1,664
M_3	$= 500 \cdot 300 = 150\,000$	68 220	2,199

Hieraus ergibt sich die in Text-Abb. 28 dargestellte $M:J$-Fläche. — Nach dieser Abb. ist:

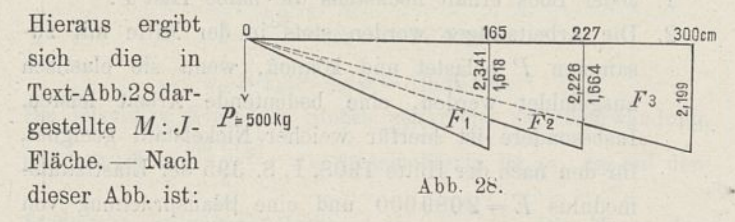


Abb. 28.

F_1	$= 165 \cdot \frac{2{,}341 - 1{,}618}{2} = 59{,}6$	$e_1 = \frac{2}{3} \cdot 165 = 110$	$F_1 \cdot e_1 = 6556$
F_2	$= 227 \cdot \frac{2{,}226 - 1{,}664}{2} = 63{,}8$	$e_2 = \frac{2}{3} \cdot 227 = 151$	$F_2 \cdot e_2 = 9634$
F_3	$= 300 \cdot \frac{2{,}199}{2} = 329{,}9$	$e_3 = \frac{2}{3} \cdot 300 = 200$	$F_3 \cdot e_3 = 65980$
		Stat. Moment	$= 82170$

also die Durchbiegung für $P = 83\,800$ kg.

$$f_1 = \frac{83\,800 \cdot 82\,170}{1000 \cdot E} = \frac{83\,800 \cdot 82\,170}{1000 \cdot 2\,089\,000} = 3{,}296 \text{ cm.}$$

$$\mathfrak{A}_1 = \frac{83\,800 \cdot 3{,}296}{2} \cong 138\,100 \text{ cm/kg} = 1381 \text{ m/kg.}$$

Die Durchbiegung durch die Querkräfte ergibt sich unter Vernachlässigung der Gurtplatten aus der Formel:

$$f_2 = \frac{1}{4} \cdot \frac{P \cdot l \cdot S}{E \cdot J \cdot t} = \frac{1}{4} \cdot \frac{83\,800 \cdot 600 \cdot 1162}{2\,089\,000 \cdot 35\,241 \cdot 1{,}34} \cdot \frac{13}{5} = 0{,}385 \text{ cm.}$$

$$\mathfrak{A}_2 = \frac{83\,800 \cdot 0{,}385}{2} = 16\,130 \text{ cm/kg} \cong 161 \text{ m/kg.}$$

Die gesamte Arbeitsleistung beträgt somit:

durch zwei Böcke mit je 41 900 kg Belastung $= 2 \cdot 172 =$ 344 m/kg

durch den Arbeitsträger . . $1381 + 161 = 1542$ „

zusammen: 1886 m/kg

Der Schiffsstoß mit einer lebendigen Kraft von 1870 m/kg wird somit durch die mechanische Arbeit der Konstruktion aufgehoben.

Berechnung des Stoßträgers.

Bei der Berechnung der Arbeitsleistung ist angenommen, daß der Schiffsstoß im Punkte a (Text-Abb. 26) erfolgt. Da aber die Arbeitsleistung nach der allgemeinen Formel $\mathfrak{A} = \text{m} \cdot P^2$ zu berechnen ist, so entsteht die geringste Arbeitsleistung, wenn der Stoß im Punkte b erfolgt. Dann erhält jeder der beiden Arbeitsträger die Belastung $^1/_2\,P$, mithin

$$\mathfrak{A} = 2\,\text{m} \cdot \frac{P^2}{4} = \frac{1542}{2} = 771 \text{ m/kg.}$$

Der Bock B erhält die Belastung $P/2$, mithin $\mathfrak{A} =$ 172 „

Jeder der Böcke A und C erhält eine Belastung von $^1/_4\,P$; mithin $\mathfrak{A} = 2 \cdot \frac{172}{4} =$ 86 „

zusammen: 1029 m/kg.

Es bleibt somit ein Fehlbetrag von $1870 - 1029 =$ 841 m/kg. Dieser Fehlbetrag muß durch den Stoßträger aufgebracht werden, welcher deshalb auch aus Nickelstahl herzustellen ist.

Der auf den Stoßträger wirkende Wasserdruck beträgt 2560 kg (S. 362), mithin

$$M_1 = \frac{2560 \cdot 600}{8} = 192\,000 \text{ cm/kg.}$$

$$\text{Hierzu . . . . } M_2 = \frac{83\,800 \cdot 600}{4} = 12\,570\,000 \text{ „}$$

$$M = 12\,762\,000 \text{ cm/kg.}$$

$W = 12\,762\,000 : 4000 = 3191$ cm³.

Gewählt I E. B. $42^1/_2$ mit $J = 68\,249$ cm⁴; $W = 3212$ cm³, $S = 1815$ cm²; $t = 1{,}6$ cm.

Die Arbeitleistung für $P = 83\,800$ beträgt dann:

durch Biegung

$$\mathfrak{A}_1 = \frac{83\,800^2 \cdot 600^3}{96 \cdot 2\,089\,000 \cdot 68\,249} = 110\,800 \text{ cm/kg} = 1108 \text{ m/kg}$$

durch die Querkräfte

$$\mathfrak{A}_2 = \frac{13 \cdot 83\,800^2 \cdot 600 \cdot 1815}{40 \cdot 2\,089\,000 \cdot 68\,249 \cdot 1{,}6} = 10\,900 \text{ „ } = 109 \text{ „}$$

zusammen 1217 m/kg.

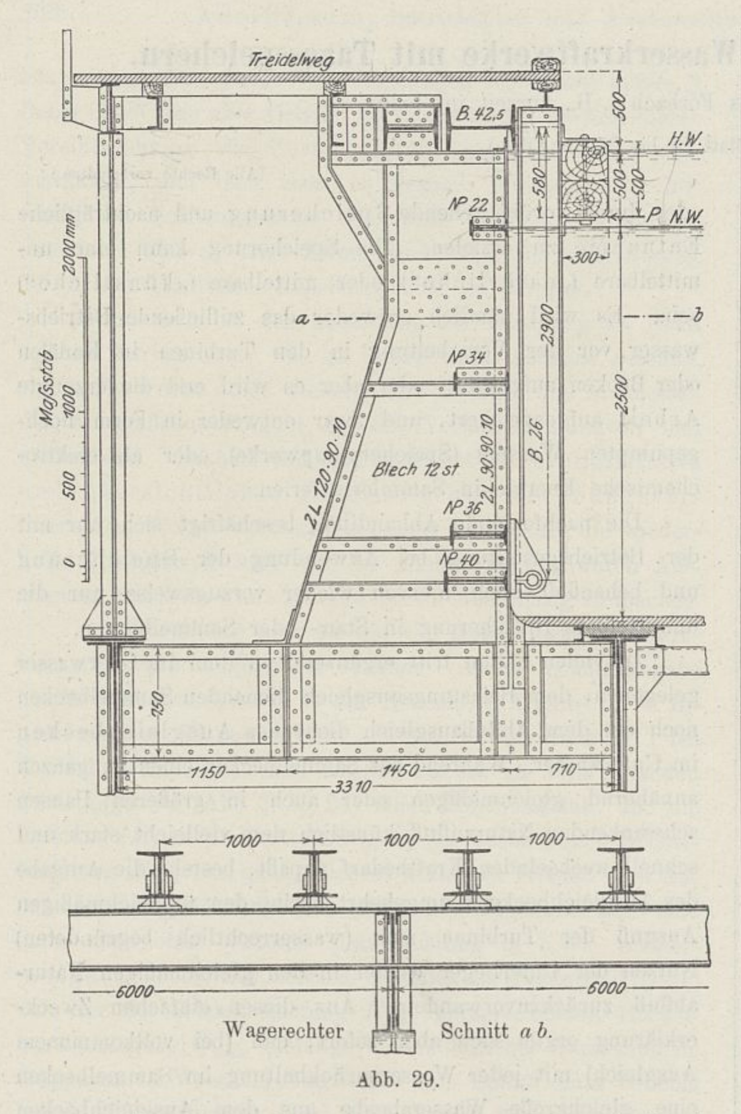
Die Durchbiegung beträgt in der Mitte $= 2{,}91$ cm.

Der Fehlbetrag von 841 m/kg wird durch die Arbeitsleistung des Stoßträgers somit reichlich gedeckt.

Auf Grund der vorstehenden Berechnungen ist der in Text-Abb. 29 dargestellte Entwurf ausgearbeitet.

Schwierigkeiten für die Lösung ergeben sich in der Anordnung der Schrammbalken aus dem Umstande, daß für den Kanal ein wechselnder Wasserstand von 2,50 bis 3 m über Kanalsohle vorgesehen ist.

Da die Scheuerleisten der Lastkähne mit Gangbord bei voller Ladung dicht über Wasser liegen, so müssen die Schrammbalken etwas über Niedrigwasser beginnen und so hoch geführt werden, daß sie den Trog noch gegen leerfahrende Kähne schützen. Die Schrammbalken müssen deshalb bis etwa 50 cm über Niedrigwasser hochgeführt werden. Nur teilweise beladene Kähne stoßen nicht mit den Scheuerleisten gegen die Schrammbalken, sondern mit dem Schiffskörper, was für die Stoßwirkung günstiger ist, weil dann ein Teil der Arbeit durch den elastischen Schiffskörper geleistet wird.



Wagerechter Schnitt $a\,b$.

Abb. 29.

Zur Übertragung der auf 83800 kg berechneten Stoßkraft auf den Steg der Stoßträger sind in Entfernungen von 1 m Ständer angebracht, welche oben auf dem Stoßträger und unten auf einem Riegel beweglich gelagert sind. Für diese Ständer sind vorgesehen I-Eisen aus Nickelstahl B. Nr. 26 mit $J = 14352 \text{ cm}^4$, $W = 1104 \text{ cm}^3$, $S = 619 \text{ cm}^2$ und $t = 1{,}1$ cm.

Am stärksten werden beansprucht die Ständer, wenn der Schiffsstoß auf die Unterkante der Schrammbalken erfolgt. Dann ist (Text-Abb. 29)

$$M = P_1 \frac{58\,(290-58)}{290} = P_1 \frac{58 \cdot 232}{290} = 46{,}4 \cdot P_1 \cdot = W \cdot \sigma;$$

$$\text{mithin} \quad P_1 = \frac{W \cdot \sigma}{46{,}4} = \frac{1104 \cdot 4000}{46{,}4} = 95170 \text{ kg}.$$

Die von einem Ständer dann geleistete Arbeit beträgt: durch Biegung:

$$\mathfrak{A}_1 = \frac{95170^2 \cdot 290^3 \cdot 58^2 \cdot 232^2}{2 \cdot 3 \cdot 2089000 \cdot 14352 \cdot 209^4} = 31440 \text{ cm/kg} = 314 \text{ m/kg},$$

durch Querkräfte:

$$\mathfrak{A}_2 = \frac{95170^2 \cdot 4 \cdot 58 \cdot 619 \cdot 13}{2 \cdot 5 \cdot 2089000 \cdot 14352 \cdot 1{,}10 \cdot 5} = 10250 \text{ cm/kg} = 103 \text{ m/kg}.$$

Durch die Einschaltung der Ständer sind die Stoßpunkte auf den Stoßträgern genau festgelegt. Es sind nur drei Fälle zu untersuchen, und zwar (Text-Abb. 26)

$$x_1 = 50 \text{ cm}, \quad x_2 = 150 \text{ cm} \quad \text{und} \quad x_3 = 250 \text{ cm}.$$

Hieraus ergibt sich für:

x	P_1 kg	P kg	a kg	c kg	A kg	B kg	C kg
$x_1 =$ 50 cm	95 170	76 140	69 800	6 340	34 900	38 070	3 170
$x_2 =$ 150 „	95 170	76 140	57 110	19 030	28 555	38 070	9 515
$x_3 =$ 250 „	95 170	76 140	44 410	31 730	22 205	38 070	15 865

Aus diesen Belastungen sind nunmehr die entsprechenden Arbeitsleistungen der Ständer, Träger und Böcke nochmals berechnet. Die Ergebnisse sind nachstehend zusammengestellt:

Arbeit durch:	$x = 50$ cm		$x = 150$ cm		$x = 250$ cm	
	Biegung m/kg	Querkräfte m/kg	Biegung m/kg	Querkräfte m/kg	Biegung m/kg	Querkräfte m/kg
des Ständers	314	103	314	103	314	103
des Stoßträgers	85	32	515	78	865	101
des Arbeitsträgers a .	958	112	641	75	388	45
„ „ c .	8	1	71	8	198	23
des Bockes A	85	35	57	23	34	14
„ „ B	101	41	101	41	101	41
„ „ C	1	0	6	3	18	7
Zusammen	1552	324	1705	331	1918	334
Insgesamt	1876		2036		2251	

Hieraus ergibt sich, daß die geringste Arbeitsleistung für $x = 50$ cm mit 1876 m/kg noch etwas mehr als die berechnete lebendige Kraft des Schiffstoßes mit 1870 m/kg beträgt.

Die Schrammbalken sind so stark zu machen, daß sie den Druck von 95170 kg auf die Ständer übertragen können. Da die Schrammbalken bei guter Verlaschung in den Stößen als durchgehende Balken betrachtet werden können, so kann $M_{\max} = 0{,}189 \cdot P \cdot l = 0{,}189 \cdot 95170 \cdot 100 = 1798700$ cm/kg angenommen worden. In Aussicht genommen sind zwei Schrammbalken von je $30 \cdot 25$ cm Querschnitt, die durch scharfes Anziehen der Verbindungsbolzen bei rauher Berührungsfläche zu einem Balken von $30 \cdot 50$ cm Querschnitt vereinigt sind. Als Baustoff ist getränktes Fichtenholz vorgesehen. Die Beanspruchung berechnet sich zu:

$$\sigma = \frac{1798700 \cdot 6}{30^2 \cdot 50} \cong 240 \text{ kg/qcm},$$

überschreitet daher nur um wenig die Elastizitätsgrenze, die nach der Hütte 1908, I, S. 400 für Fichtenholz 230 kg/qcm beträgt. Die äußeren Hauptträger, die auf Wasserdruck usw. und einen Schiffsstoß von nur 10000 kg berechnet sind, bedürfen allerdings noch einer Verstärkung. Diese ist aber nicht bedeutend, da die zulässige in Rechnung gestellte Beanspruchnng von 1000 kg/qcm für Flußeisen auf 2000 kg/qcm erhöht werden kann.

Betriebsplan und Ausbauentwurf für Wasserkraftwerke mit Tagesspeichern.

Von Dr.-Ing. Adolf Ludin aus Forbach i. B., zurzeit im Felde.

(Mit Abbildungen auf Blatt 24 bis 27 im Atlas.)

Vorbemerkung.

Die hier veröffentlichten Untersuchungen entstanden großenteils bereits im Jahre 1913 und sind angeregt durch die Beschäftigung des Verfassers mit dem Wasserwirtschaftsplan des im Bau befindlichen Murgwerkes bei Forbach im badischen Schwarzwald. Wesentliche Teile davon wurden in der Denkschrift zum wasserpolizeilichen Genehmigungsgesuch für dieses Werk damals einem begrenzten Kreise Beteiligter bekanntgegeben.

Inhaltsübersicht.

I. Allgemeines.

1. Begriffsfestlegung. Unmittelbare und mittelbare Speicherung, Sammel- und Ausgleichbecken.

Die neuzeitlich wichtigste Verwendungsart der Wasserkräfte: zur Erzeugung elektrischen Stromes, bedingt in der Regel einen im Tageslauf mehr oder minder stark schwankenden Kraftbedarf, dessen zeitliche Verteilung dabei in engen Grenzen „gebunden“, d. h. als gegeben anzusehen ist. Eine hinreichende Ausnutzung der regelmäßig bedeutenden, in den Wasserkraftwerken festgelegten Geldwerte, die Grundbedingung der Wirtschaftlichkeit und Wettbewerbsfähigkeit gegenüber der beweglicheren Wärmekraft, ist dabei bekanntlich entweder durch Angliederung einer vorzugsweise auf die Spitzen arbeitenden Ergänzungs- (meist: Wärme-)kraft oder durch vorübergehende Speicherung und nachträgliche Entnahme zu erzielen. Die Speicherung kann eine unmittelbare („natürliche“) oder mittelbare („künstliche“) sein. Es wird nämlich entweder das zufließende Betriebswasser vor der Verarbeitung in den Turbinen in Kanälen oder Becken aufgestaut, oder aber es wird erst die erzeugte Arbeit aufgespeichert, und zwar entweder in Form hochgepumpten Wassers (Speicherpumpwerke) oder als elektrochemische Energie in Sammlerbatterien.

Die nachfolgende Abhandlung beschäftigt sich nur mit der Betriebsgestaltung bei Anwendung der Speicherung und behandelt auch hiervon wieder vorzugsweise nur die unmittelbare Speicherung in Stau- oder Sammelbecken.

In vielen Fällen tritt ergänzend zu dem im Oberwasser gelegenen, dem Belastungsausgleich dienenden Sammelbecken noch ein dem Abflußausgleich dienendes Ausgleichbecken im Unterwasser. Während das Sammelbecken einen im ganzen annähernd gleichmäßigen oder auch in größeren Pausen schwankenden Naturzufluß künstlich dem vielleicht stark und schnell wechselnden Kraftbedarf anpaßt, besteht die Aufgabe des Ausgleichbeckens umgekehrt darin, den ungleichmäßigen Ausguß der Turbinen zum (wasserrechtlich begründeten) Nutzen der Unterlieger wieder in den gleichmäßigen Naturabfluß zurückzuverwandeln. Aus dieser einfachen Zweckerklärung ergibt sich aber sofort, daß (bei vollkommenem Ausgleich) mit jeder Wasserzurückhaltung im Sammelbecken eine gleichgroße Wasserabgabe aus dem Ausgleichbecken zeitlich gleichläuft und ebenso mit jeder Wasserentnahme aus dem Sammelbecken eine gleichgroße Aufspeicherung im Ausgleichbecken. (Bei Pumpenspeicherung liegen die Verhältnisse bezüglich des zeitlichen Verlaufs ebenso, nur ist die Größe der Entnahme- und Speichermengen der beiden Becken nicht mehr dieselbe.)

Infolge dieser engen Beziehung zwischen den Speicher- und Entnahmemengen beider Beckenarten ist es im Falle der einfachen Tagesspeicherung gar nicht nötig, die Betriebsvorgänge des Ausgleichbeckens besonders zu betrachten: sie sind einfach das Spiegelbild derjenigen des Sammelbeckens. Wenn dagegen im Sammelbecken überschüssige Wassermassen länger als 24 Stunden zurückgehalten werden können (Sonntagwasser oder kleine Schwellfluten), bleibt diese einfache Beziehung zwischen Sammel- und Ausgleichbecken in der Regel nicht mehr bestehen, und es treten verwickeltere Vorgänge ein, die besonders zu behandeln sind, was in einem späteren Abschnitt geschieht.

2. Die zeichnerischen Darstellungsweisen und Rechnungshilfsmittel.

Als anschauliches Hilfsmittel zur Darstellung des Betriebsverlaufs eines Elektrizitätswerks hat sich die Belastungskurve oder Lastlinie eingebürgert, die für jeden Augenblick, oder in $^1/_4$-, $^1/_2$- bis 1stündigen Abschnitten, die beobachtete (oder bei Entwürfen: zu erwartende) Belastung angibt.

Die meisten Belastungslinien verlaufen so unregelmäßig, daß man, um formelmäßige Zahlenrechnungen entwickeln zu

können, ziemlich starke Vereinfachungen vornehmen müßte.[1]) Dabei bleibt man aber vielfach im Ungewissen, wieweit solche Vereinfachungen die Zuverlässigkeit des Ergebnisses einschränken, und man zieht es deshalb meistens vor, mit wirklichen Belastungslinien oder doch solchen, die aus beobachteten Kurven ohne Zwang und unter Berücksichtigung der Absatzverhältnisse abgeleitet sind, zu arbeiten.

Wenn man bei der Austeilung der Belastung an Hand solcher Kurven nun, wie es bisher wohl meistens geschah, versuchsweise unter wiederholtem Zerlegen und Ausmessen der Arbeitsfläche vorgeht, ist das Verfahren mühevoll und zeitraubend. Deshalb soll hier zunächst ein einheitliches und übersichtliches zeichnerisches Rechnungsverfahren entwickelt werden, das darauf hinausläuft, die wiederholte Flächenermittlung ein für allemal vorweg durch Auftragung von Flächensummenlinien überflüssig zu machen.

Zur Einführung mag an die seit langem bekannte Zeitsummenlinie angeknüpft werden (reiche Quellenangabe hierfür gab Danckwerts in der Zeitschr. f. Architektur u. Ingenieurwesen, Hannover 1911, Heft 2, Sonderdruck 1911 bei Kreidel, Wiesbaden): Man zeichne zu der zu verarbeitenden Belastungslinie (Abb. 1 Bl. 24) einen Höhenmaßstab, der die Leistung (E) in Hundertteilen („e“) der beobachteten Höchstbelastung $E_{\max}$ des ganzen Jahres abzulesen erlaubt. Bei Annahme eines gleichbleibenden mittleren Nutzgefälles kann man dann auch ohne weiteres statt Leistung in KW.: Wassermenge (Q) in cbm/Sek. ablesen. Nämlich als Hundertteil ($q = e$) von der der Höchstbelastung $E_{\max}$ entsprechenden Höchstbeaufschlagung $Q_{\max}$. („Menge“ = sekundlicher Wasserfluß, im Gegensatz zu Wassermasse = Ab- oder Zufluß eines beliebig langen Zeitabschnittes, oder gespeicherter bzw. entnommener Wasserinhalt. „Wassermenge“ entspricht einer Leistung, „Wassermasse“ einer Arbeit!)

Beispiel: Wird z. B. in Abb. 1 Bl. 24 die Höchstbelastung zu 18800 KW. und das Nutzgefälle zu 146 m angenommen, so ist bei einem mittleren Wirkungsgrad (Turbinenwelle) von 0,75 die Höchstbeaufschlagung

$$Q_{\max} = \frac{75 \cdot 18800 \cdot 1{,}36}{1000 \cdot 0{,}75 \cdot 146} = 17{,}5 \text{ cbm/Sek.}$$

Einer beliebigen anderen Leistungsstufe „e“ von z. B. 40 vH. (= 7520 KW.) entspricht ein Wasserbedarf von $0{,}4 \cdot 17{,}5 = 7{,}0$ cbm/Sek.

Die Belastungsfläche wird zunächst im ganzen ausgemessen und sei gleich b qcm gefunden. Teilt man b durch den Inhalt r des vollen umschriebenen Rechtecks (OXO_1Y), so erhält man im Quotienten (gleichzeitig als Bruchteil von $E_{\max}$) die „mittlere Tagesbelastung“ oder (E_m, $Q_m = e_m \cdot E_{\max}$ oder $e_m \cdot Q_{\max}$), die sinngemäß durch eine wagerechte Gerade (in Abb. 1 Bl. 24 z. B. bei $e_m = 41{,}5$ vH.) darzustellen ist. Diese Ziffer e_m, die als Ausnutzungsziffer des einzelnen Tages bezeichnet wird, liefert auch in bequemer Weise die gesamte Tagesarbeit in KWStd. bzw. die Tageswassermasse in Kubikmetern: Man ermittelt dazu ein für allemal den theoretisch möglichen, dem Rechteck OXO_1Y entsprechenden Vollwert A_{theo} (Arbeit in KWStd.) und J_{theo} (Wasserinhalt in cbm) aus $A_{\text{theo}} = 24 \cdot E_{\max}$ und $J_{\text{theo}} = 86400 \cdot Q_{\max}$.

1) Vgl. Pfarr, Die Turbinen für Wasserkraftbetrieb, II. Auflage S. 701, und Ludin, Die Wasserkräfte, ihr Ausbau und ihre wirtschaftliche Ausnutzung, S. 448.

Dann ist die wirkliche Tagesarbeit $A = e_m \cdot A_{\text{theo}}$ und der wirkliche Wasserbedarf $J = e_m \cdot J_{\text{theo}}$.

(Im oben angenommenen Beispiel ist $A_{\text{theo}} = 451200$ KWStd., und $J_{\text{theo}} = 1512000$ cbm.)

Nach dieser vorbereitenden Einführung des hundertteiligen Maßstabes teilt man die Belastungsfläche in senkrechte Streifen von $1/2$ Stunde Breite (oder mehr) ein und drückt den Flächeninhalt $\triangle f_1$ jedes Streifens wieder in Hundertteilen des vollen Rechtecks r aus. Dann zählt man diese Teilzahlen von links nach rechts fortlaufend zusammen und trägt die erhaltenen Summenzahlen f_1 zur Summenlinie „f_1“ auf. Als Maßstab kann hierbei der Höhen-(Leistungs-)maßstab der Belastungslinie verwendet werden. Aus Gründen der Zeichnungsdeutlichkeit kann man aber auch einen beliebigen anderen Maßstab, in Abb. 1 Bl. 24ff. z. B. den verdoppelten Leistungsmaßstab als besonderen „Arbeitsmaßstab“ zugrundelegen.

Die eben erhaltene (wie erwähnt: bekannte) Linie soll hier künftig, da sie durch Summierung nach der Querrichtung (Zeitachse) entstanden ist, als Zeitsummenlinie bezeichnet werden.

Der Vollständigkeit halber sei hier daran erinnert, daß in der Zeitsummenlinie die Neigung der Tangente ein Maß der augenblicklichen Leistung (bzw.: Beaufschlagung) ist, so daß man mit Hilfe eines Strahlenmaßstabs auch diese ablesen kann. Die Tagesarbeit oder mittlere Belastung (e_m), die in der Belastungslinie als wagerechte Gerade auftrat, erscheint in der Zeitsummenlinie als ansteigende Gerade, Sehne der Summenlinie. Weitere Beziehungen werden später berührt werden.

Für die Zuweisung der Belastung an die einzelnen Teile eines Speicherkraftwerkes oder an eine Mehrzahl parallel arbeitender, verschiedenartiger Kraftquellen ist nun aber die Zeitsummenlinie oft nicht bequem, weil sie nach der Quere entwickelt ist, während die Lastverteilung in der Regel in erster Linie nach Maßgabe der verfügbaren Maschinenleistungen (also nach der Höhe) vorzunehmen ist. Es lag also nahe, auch eine Summenbildung nach der Höhe durchzuführen.[2])

Man geht dabei folgendermaßen vor: Die Belastungsfläche wird in wagerechte Streifen ($\triangle f_z$) eingeteilt („z“ von Zusatzkraft!). Deren Inhalt wird bestimmt, in Hundertteilen des vollen umschriebenen Rechtecks (r) ausgedrückt und von oben nach unten fortlaufend zusammengezählt. Die einzelnen Zwischensummenbeträge werden auf den zugehörigen Leistungsstufen in einem beliebigen Maßstab als Abszissen „f_z“ zur Spitzensummenlinie aufgetragen. (Dieser wagerechte Hundertteil-Maßstab ist wieder ein „Arbeitsmaßstab“. Es bietet gewisse theoretische Vorteile, ihn gleich dem Leistungsmaßstab zu wählen, doch wird dem oft das Bedürfnis größerer Genauigkeit im Arbeitsmaßstab entgegenstehen. In den hier wiedergegebenen Abbildungen ist die Einheit des wagerechten Arbeitsmaßstabes wie die des senkrechten Zeitsummenmaßstabes doppelt so groß als die des Leistungsmaßstabes genommen.)

Ein an der Spitzensummenlinie auf beliebiger Wagerechten abgegriffener Zwischenwert f_z gibt den Inhalt der „darüber“ liegenden „Belastungsspitze“ an, und der tiefste Punkt der Kurve hat zur Abszisse $f_z = e_m$ („mittlere“ Tagesleistung im Arbeitsmaßstab). Unterhalb der Wagerechten „kleinste Nacht-

2) Vgl. auch Norberg-Schulz in E. T. Z. 1905 und Ludin, Ausbau der Niederdruckwasserkräfte, Dissertation Karlsruhe, 1909/10, S. 132.

belastung" (e_{min} in Abb. 1 Bl. 24) im unbeweglichen oder ständigen Teil der Belastungsfläche verläuft die Summenlinie aus augenfälligen Gründen geradlinig.

Verlängert man das geradlinige Kurvenstück nach rückwärts, so muß die entstehende Gerade BB auf der Y-Achse die Ordinate e_m im Leistungsmaßstab abschneiden, denn die Gerade BB ist nichts anderes als die von unten nach oben aufgetragene Summenlinie der vollen (rechteckigen) theoretisch größtmöglichen Arbeitsfläche oder rein geometrisch betrachtet: eine Verwandlungslinie von Leistungs- auf Arbeitsmaßstab und umgekehrt.

Weiter folgt aus dieser Auffassung, daß die Abszissenabschnitte, die zwischen der Kurve f_x und der Geraden BB abzugreifen sind, unmittelbar den Inhalt der „Talflächen" f_t (im Maßstab der f_x-Werte) angeben. Es erleichtert indessen die Benutzung der Linientafel, wenn man diese, in verschiedenen Höhen abgegriffenen Werte f_t nach links hin an die Y-Achse überträgt, wodurch eine besondere zweite Summenlinie, die Talsummenlinie „f_t" entsteht. Die Kurven „f_x" und „f_t" schneiden sich aus leicht einzusehendem Grunde auf der „Vollausgleichlinie" BB_1, also in Leistungshöhe e_m über der X-Achse.

Außer den Spitzenflächen über, und den Talflächen unterhalb einer beliebigen Leistungsstufe ist in der Regel noch der Betrag der zugehörigen unterhalb der betreffenden Wagerechten liegenden Grundarbeit f_g von Bedeutung. Eine einfache Überlegung lehrt, daß man auch ihn an der f_x-Linie abgreifen kann, wenn man die Senkrechte $B-D$ im Abstande e_m (Arbeitsmaßstab) von der Y-Achse verzeichnet. Denn für jede angenommene „Belastungsscheide", z. B. b_1, besteht die Gleichung $f_x + f_g = e_m$.

Statt der Senkrechten $B-D$ und der Kurve f_x kann man auch die Kurve f_t in Verbindung mit einer nach rechts entwickelten „Vollsummenlinie" $O-F$ benutzen.

Mit Hilfe der Vollsummenlinie $B-B$ lassen sich auch die Werte f_u des Arbeits-Überschusses oder -Mangels bei Wasserführung (Q_1) über oder unter Tagesbedarf (Q_m) bequem im Arbeitsmaßstab abgreifen: Es ist nämlich der Überschuß bei Wasserführung in Höhe der b_1-Linie dargestellt durch den Abschnitt $U_1 - U_2$ zwischen Vollsummenlinie $B-B$ und Y-Achse. Ebenso ist der Wasser-(Arbeits-)mangel bei Wasserführung in Höhe b_2 dargestellt durch den auf der anderen Seite der Y-Achse liegenden Abschnitt $V_1 - V_2$. Wie leicht nachzuweisen, sind die jeweiligen Abschnitte zwischen f_x und f_t-Linie den eben erwähnten Abschnitten zwischen Vollsummenlinie und Y-Achse beziehentlich gleich: $U_1 U_2 = U_3 U_4$ bzw. $V_1 V_2 = V_3 V_4$!

Zur Ergänzung der Linie f_x berechnet und verzeichnet man jetzt noch zwei Linien f_x' und f_x'', die je für sich die nach abwärts zusammengezählte Morgen- bzw. Abendspitze allein darstellen. Ebenso verzeichnet man neben der f_t-Linie eine zweite f_t' als Summenlinie des Mittagstales allein.

Damit sind alle Vorarbeiten der Belastungsverteilung erledigt, und es kann das Rechnungsverfahren entwickelt werden, zunächst für den einfachsten Fall: des durch Fremdkraft (Wärmekraft oder Bezugsstrom) ergänzten einfachen Wasserkraftwerkes, hernach für den verwickelteren Fall eines „Verbundwerkes", d. h. eines mehrstufigen Werkes mit Tages- und Jahresspeichern.

II. Das einfache Speicherwerk.

3. Werktäglicher Beckenbetriebs-, Leistungs- und Ausbauplan für ein einfaches Wasserwerk mit Kraftaushilfe.

a) Grundsätze für die Belastungsverteilung.

Aus Gründen der Ausnutzung verweist man bei nichtspeicherfähigen Wasserwerken die Kraftaushilfe in der Regel auf den Spitzenteil der Arbeitsfläche. Dagegen wird man bei „unmittelbar" speicherfähigen Werken mit Vorteil meist umgekehrt verfahren und die Wasserkraft auf dem Spitzenteil einsetzen, während man die Aushilfe in Grundkraft, möglichst voll 24stündig, durchlaufen läßt. Man kommt dabei mit einer möglichst kleinen Maschinenleistung der Aushilfsanlage aus und gewinnt dazu die bekannten betriebswirtschaftlichen Vorteile des durchlaufenden Betriebs.

Es ist allerdings auch wohl denkbar, daß man bei nicht besonders wohlfeilen Ausbauverhältnissen der Wasserkraft (und der etwa noch vorhandenen elektrischen Verbindungsleitung nach der im Verbrauchsmittelpunkt gedachten Kraftaushilfe!) mit noch größerem Vorteil die speicherfähige Wasserkraft auf eine mittlere Zone verweisen würde. Die Aushilfskraft würde dann teils auf den Grundstock, teils auf die oberen Spitzen arbeiten, und der Betriebsplan wäre ein Mittelding zwischen den eben geschilderten Betriebsplänen der unregelbaren Wasserkraft und der billig auszubauenden Speicherkraft.[3]) Auch noch andere, später eingehender zu besprechende Gründe können Anlaß geben, wenigstens zu gewissen Zeiten im Jahr von der Regel „Aushilfskraft = Grundkraft" abzuweichen. Indes soll in diesem Zusammenhang auf alle diese weiterreichenden Fragen nicht näher eingegangen werden.

Bei Werken mit mittelbarer (künstlicher) Aufspeicherung wird der schlechte Wirkungsgrad des Speicherteils in der Regel dazu nötigen, bei Wassermangel die Aushilfskraft (Dampf usw.) „auf die Spitzen arbeiten zu lassen, vgl. „Die Wasserkräfte" S. 102ff. Nur bei sehr schlanken Spitzen und nicht zu teuerem Aushilfsstrom kann allenfalls ein Vorteil (Ersparnis an Aushilfsmaschinenleistung) darin gefunden werden, die mit Aushilfsarbeit aufgefüllte Speicheranlage kurze Zeit auf den oberen Spitzenteil einzusetzen.

Besondere Betriebsverhältnisse können allerdings gelegentlich auch noch eine etwas andere Arbeitsweise vorteilhaft erscheinen lassen: Die Aushilfskraft wird wohl in der Grundkraft, aber vorwiegend oder ausschließlich als Nachtkraft eingesetzt, oder sie wird während des Auftretens der Belastungsspitzen ausgeschaltet. Diese Betriebsgestaltung wird in Betracht kommen, wo die Aushilfskraft, wie vielfach üblich, von einem selbständigen Wärmekraftwerk auf Gegenseitigkeitsvertrag geliefert wird. Der Nachtkraftpreis kann hier erheblich niedriger gestellt werden, als der Durchschnittspreis der 24-stündigen Kraft, oder: es wird auch schon die Abschaltbewilligung nur während der Dauer der Belastungsspitzen (im Aushilfswerk) eine Preisermäßigung gestatten. Natürlich wird unter sonst gleichen Verhältnissen (d. h. für gleiche Arbeitslieferung der Aushilfskraft) in den letzterwähnten Fällen eine größere Aushilfsleistung in Anspruch genommen, was aber unter den gemachten Voraussetzungen nicht nennenswert ins Gewicht fallen dürfte.

---

3) Es sei darauf aufmerksam gemacht, daß nur die etwaigen Erweiterungskosten zum Vergleich zu stellen waren, vgl. „Die Wasserkräfte ..." S. 69ff.

Erheblich beschränkt wird dagegen die Durchführbarkeit des reinen Nachtkraftbetriebes der Aushilfskraft dort, wo das Netz des Wasserkraftwerkes nachts eine so niedrige Belastung aufweist, daß auch die Übernahme der ganzen Leistung auf das Aushilfswerk noch keine für die Tagesbelastung genügende Arbeitsaufspeicherung im Wasserkraftwerk erlaubt. Dies wird praktisch gewiß ein häufiger Fall sein bei etwas höher ausgebauten schwankenden Wasserkräften und gewöhnlichen Belastungslinien mit weniger als 20 vH. Nachtbelastung! Als erschwerender Umstand ist ferner bei wirtschaftlicher Beurteilung des vorwiegenden Nacht-Aushilfsbetriebes zu beachten, daß dabei in der Regel der Bedarf an Speicherraum erheblich gesteigert werden wird. Auf all diese eben angedeuteten, wohl zu beachtenden Sonderfälle soll im folgenden, wo es sich zunächst in erster Linie um die Entwicklung des Rechnungsverfahrens handelt, nicht weiter eingegangen werden.

b) Zeichnerische Festlegung der Belastungsverteilung und des Beckenbedarfs.

Die Belastungsverteilung ist bei jeder Wasserführung (Q_1), die kleiner als Q_m, der für Deckung des ganzen Kraftbedarfs gerade ausreichende „Tagesdurchschnitt", ist, eine andere. Man untersucht daher der Reihe nach eine Anzahl einzelner Tage mit gleichem Verlauf der Gesamtbelastung, aber verschiedener (im Tageslauf unveränderlich gedachter) Wasserführung „$Q_1 < Q_m$".

Zur Veranschaulichung des Rechnungganges sei an das oben berührte Zahlenbeispiel angeknüpft und eine Wasserführung von 2,62 cbm/Sek. an einem Tag mit Belastungsverlauf nach Abb. 1 Bl. 24 angenommen. Die Aushilfskraft soll tunlichst voll in die Grundkraft gelegt werden. Man rechnet: Wasserarbeit $f_W = Q_1 : Q_{\max} = 2{,}62 : 17{,}5 = 0{,}150$ (lies: mal der theoretischen Vollwassermasse, $J_{\text{theo}} = 1512\,000$ cbm). Diesen Wert $f_W = 0{,}15$ nimmt man im Arbeitshundertstelmaßstab in den Zirkel und findet damit (auf Abb. 2 Bl. 24) durch Eingang in die Spitzensummenlinie (Punkt W), daß die Wasserkraftspitze von 100 vH. abwärts bis 33,7 vH. reichen darf, die Dampfkraft also mit einer Höchstleistung von 33,7 vH. aus 18800 KW., oder 6320 KW. eingesetzt werden muß. Die von ihr an dem betrachteten Tage zu liefernde Arbeitsmenge kann durch Zirkelabgriff oder rechnerisch bestimmt werden aus $f_D = e_m - f_W = 0{,}415 - 0{,}15 = 0{,}265$ („mal A_{theo}" = 451200 KWStd.) = 119400 KWStd.

Die Wagerechte b wollen wir künftig als Belastungsscheide bezeichnen.

Nachdem die Belastung verteilt ist, bleibt noch der erforderliche Beckeninhalt (J) des Wasserkraftwerkes, im folgenden kurz als „Beckenbedarf" bezeichnet, zu bestimmen: Dazu verwandelt man zunächst die ganze Wasserkraftspitze (deren Höhe eben zu 100 — 33,7 = 66,3 vH. bestimmt wurde), in ein inhaltgleiches Rechteck von der Grundbreite: 24 Stunden. Die Höhe dieses Reckteck oder die mittlere Wasserkraftleistung ist ohne weiteres $= f_W = 0{,}15$ im Leistungsmaßstab oder $= q_1$ (der Wasserführung). Diese Höhe (0,15) wird von der Belastungsscheide b aus nach oben abgetragen und damit in Höhe $0{,}337 + 0{,}15 = 0{,}487$ die Ausgleichlinie der Wasserarbeit „a" gefunden.

Die Ausgleichlinie teilt den Wasserkraftteil des Schaubildes derart ab, daß die unterhalb liegenden Talflächenabschnitte f_t (in Abb. 2 Bl. 24 schräg unterbrochen schraffiert) der gesamten darüber liegenden Spitzenfläche f_x (schräg voll schraffiert) inhaltgleich sind. Der wagerecht schraffierte Flächenteil ist Arbeit, die das ohne Aufenthalt durchgelassene Wasser „im Durchflußbetrieb" leistet.

Der Beckenbedarf ist indes nicht ohne weiteres gleichwertig der gesamten schräg schraffierten Talfläche, denn in der Regel wird das „Mittagstal" durch einen „Zwischenausgleich" einen Teil der Morgenspitze wieder ersetzen (bzw. beim Ausgleichbecken: einen Teil der Morgenspitze abführen) können. Um den wahren Beckenbedarf zu finden, muß man daher (Abb. 2 Bl. 24) die Talflächen des Mittags f_t' von den zu gleicher Leistungsstufe gehörigen Gesamttalflächen f_t abziehen. Bei der gewählten Art der Kurvenauftragung hat man dazu nur die Abszissenabschnitte zwischen den beiden Kurven f_t und f_t' abzugreifen. Diese Abschnitte, einmal auf Leistungsstufe 0,487, das anderemal auf Stufe 0,337 abgegriffen und selbst wieder zirkelmäßig von einander abgezogen, lassen als Rest unmittelbar den Beckenbedarf i im Arbeitsmaßstab, d. h. in Hundertteilen der Tagesmasse ($i \cdot J_{\text{theo}} = J$).

Formelmäßig $i = (f_t - f_t')_{\text{bei } 0{,}487} - (f_t - f_t')_{\text{bei } 0{,}337}$.

In Anwendung dieses Ermittlungsverfahrens auf das bisher festgehaltene Rechnungsbeispiel findet man:

$$J = 0{,}066 \cdot 1512000 = \text{rd. } 100000 \text{ cbm.}$$

Die eben gegebene Darstellung versagt bei noch kleinerer Wasserführung als angenommen, sobald die Ausgleichlinie so hoch hinaufrückt, daß die Morgenspitze nicht mehr größer als das Mittagstal ist. Die Grenze G für das Auftreten dieser Erscheinung liegt in der Regel irgendwo zwischen den Schnittpunkten G' und G'' der Kurven f_t' und f_x' bzw. f_t' und f_x''. Die genaue Lage dieser Grenze könnte in der in Abb. 2 Bl. 24 angedeuteten Weise durch eine leicht abzuleitende (gestrichelte) Hilfskurve bestimmt werden, doch sind die Unterschiede in der Regel so unbedeutend, daß man für praktische Zwecke den Grenzpunkt G genau genug in der ersten Drittelhöhe zwischen G' und G'' annehmen kann. Sobald diese Grenze von der Ausgleichlinie überschritten wird, ist einfach $i = f_x''$ (= größerer Einzelspitze).

Als Grenzfall nach der anderen Richtung (zu größerer Wasserführung) hin ist das Zusammenfallen der Belastungsscheide (b) mit dem tiefsten Punkt des Nachtteiles der Belastungslinie hervorzuheben:

Bei derjenigen Wasserführung ($Q_m - Q_{\min}$, in Hundertteilen: $e_m - e_{\min}$), die diesen Grenzfall herbeiführt, ist nämlich ein oberer Grenzwert J_{voll} des Beckenbedarfs erreicht, der sich für alle höheren Wasserführungen bis zum Betrag des vollen mittleren Wasserbedarfs ($e_m \cdot Q_{\max}$) gleichbleibt. Dies hängt damit zusammen, daß die Ausgleichlinie „a" des Wasserkraftspitzenteils wohl anfänglich bei zunehmender Wasserführung der Belastungsscheide „b" folgt und nach abwärts rückt, daß sie aber in dem Augenblick auf die Gesamtausgleichlinie (e_m) fällt und hier stehen bleibt, wo die Belastungsscheide b die tiefste Nachtbelastung ($e_{\min}$) erreicht hat und weiter abwärts in den „ständigen" Grundbelastungsteil eintritt.

Steigt die Wasserführung noch weiter, über den für die Deckung des gesamten 24stündigen Bedarfs eben ausreichenden Betrag $Q_m = e_m \cdot Q_{\max}$ hinaus auf einen beliebigen höheren Wert $Q_1 = q_1 \cdot Q_{\max}$, so ist „Überwasser" vor-

handen. Mit diesem kann nun verschieden verfahren werden: Man könnte daran denken, den jeweils aus der zeitweiligen Belastung $e \cdot Q_{max}$ und dem Zufluß Q_1 sich ergebenden Augenblicksüberschuß zu Anfang des Betriebsabschnittes (24 Stunden) ganz zurückzuhalten, bis das Sammelbecken so viel Wasser aufgenommen, als es aufzunehmen hätte, wenn nicht Q_1, sondern die (kleinere) durchschnittliche Bedarfsmenge Q_m zuflösse. Wenn aber dann nicht mehr als J_{voll} (der größte vorkommende Tagesbeckenbedarf) im Becken Platz hat („Flutraum“, ein Fall, der später berührt werden soll), so würde nach Anfüllung des Beckens in verstärktem Grade Überwasser abgegeben werden müssen, was u. U. zu unerwünschten Schwellungen im Unterlauf des Flusses führen kann. Man wird daher unter solchen Verhältnissen besser tun, die mittlere voraussichtlich frei bleibende Überwassermenge nach Maßgabe der Wasserführungs- und Witterungsverhältnisse sowie des Belastungsverlaufs des vorhergegangenen Werktages vorsichtig einzuschätzen und durch die entsprechend einzustellenden Leerschleusen gleichmäßig abzulassen. (Dieser Ablaß kann bei kleineren Überwassermengen durch einen etwa vorhandenen Wasserschloßleerlauf oder die mit Wasserwiderständen zu belastenden Turbinen erfolgen. Jedes dieser beiden Verfahren hat bei langen Zuleitungen gegenüber Ablaß aus der Wehrfassung den Vorteil, daß man das Wasser bei eintretendem Bedarf stets bei der Hand hat und daß beim Wechsel der Ablaßzustände jede „Phasenverschiebung“ im Wasserabfluß des Unterlaufs vermieden wird.)

Die Darstellung dieser letzteren Betriebsweise im Belastungsbild ist einfach (Abb. 3 Bl. 24): Da $q_1 = Q_1 : Q_{max}$ nach Annahme $> e_m = Q_m : Q_{max}$, so liegt die den gleichmäßigen Wasserzufluß q_1 darstellende Ausgleichlinie a jetzt wieder höher als die Wagerechte „e_m“, und es verkleinert sich entsprechend die Höhe und der Inhalt der aus gespeichertem Wasser zu deckenden (schräg voll schraffierten) Spitze. (Demgemäß braucht eben auch nur eine kleinere Wassermasse zurückgehalten zu werden. Zu ihrer Bestimmung greift man den gesamten Spitzeninhalt f_x ab (Punkt K) und sucht (mit Zirkel oder durch Herunterloten) diejenige Höhe e, der ein Wert f_t gleich diesem f_x entspricht (Punkt L Abb. 3 Bl. 24). Der dabei stehende Wert f_t' (Mittagstal) wird von derselben Zirkelstellung aus abgezogen und so in $(f_t - f_t') =$ Strecke LL' der Beckenbedarf i gefunden.

Man kann aber auch nach Angabe von Abb. 4 Bl. 24 konstruieren und arbeiten: hier wird die Speicherung in einer möglichst hohen Schicht des Wasserführungsrechtecks O X W_2 W_1 vorgenommen mit dem Erfolg, daß wegen der stärkeren Beteiligung des Mittagstales augenscheinlich ein kleinerer Bedarf an Beckenraum eintritt. Tatsächlich findet man beim Abgreifen der $(f_t - f_t')$-Werte in Abb. 3 Bl. 24: $i = 0{,}0476$, dagegen in Abb. 4: $i = 0{,}0372$ (mal $J_{theo} = 1512000$ cbm).

Der Vorteil dieser zweiten Betriebsanordnung kann u. a. darin gefunden werden, daß das Ausgleichbecken weniger stark abgesenkt zu werden braucht, so daß die hier vielleicht noch eingebauten Niederdruckturbinen günstiger arbeiten. (Die in Abb. 4 Bl. 24 eingetragenen gestrichelten Konstruktionslinien mit Kreisen deuten, durch ihre Pfeilrichtung, lediglich die Zirkelübertragung an und werden in Wirklichkeit nicht verzeichnet; die stärker gestrichelte Parallele W_1 W_3 zur Verwandlungslinie BB deutet eine zweite Konstruktionsart an.)

Bis hierher wurde stets nur eine einzige (Höchst-) Lastlinie in Betracht gezogen. Es hat aber einen gewissen — keineswegs immer nur theoretischen — Wert, auch den Verlauf des Beckenbedarfs in Jahreszeiten mittlerer Belastung in Vergleich ziehen zu können. Man wird also einige andere kennzeichnende Kurven mit weniger hoher Spitzenleistung in gleicher Weise der Rechnung zugrunde legen, wie es eben für die Höchstlastlinie ausführlich dargelegt wurde.

Hier wurde noch eine „Sommerlinie“ und eine „Frühjahr-Herbst-Linie“ (Abb. 6 u. 7 Bl. 24) dargestellt. An sämtlichen drei in Abb. 6—8 Bl. 24 vereinigten Werktagslastlinien wurde in der eben ausführlich beschriebenen Weise für verschiedene Grade der natürlichen Wasserführung (Q_1, q_1) die Belastungsverteilung und der Beckenbedarf ermittelt.

Bei einer derartigen Ermittlung benutzt man entweder eine entsprechend große Anzahl übereinstimmender Lichtpausen der Lastlinie mit ihren sämtlichen eingezeichneten Summenlinien oder man deckt der Reihe nach für jede andere angenommene Wasserführung ein frisches Pauspapierblatt über die mit ihren Summenlinien auf kräftiges Papier aufgezeichnete Lastlinie und trägt auf den Pauspapierblättern (die nur etwa $^1/_3$ der Breite des Grundblattes zu haben brauchen) neben einigen Deckmarken nur die Belastungsscheiden „b“, die

Liste 1. Berechnung des Beckenbedarfs bei Verwendung der Aushilfskraft mit stets möglichst kleiner Leistung (Betriebsweise I).

a) Winter ($e_m = 0{,}415$).

Maßgebender Pegel Q_P cbm/Sek.	Werkwasser Q_1 cbm/Sek.	Werkwasser q_1 vH.	Belastungsscheide	Ausgleichlinie a	Ausgleichlinie a_u	Beckenbedarf i vH.	Beckenbedarf J cbm
1,70	1,85	10,6	41,7	52,3	—	4,50	68 000
3,00	3,68	21,0	24,0	45,0	—	8,20	124 000
4,00	4,92	28,2	14,0	42,2	—	9,50	144 000
4,45	5,49 1)	31,4	10,6	41,5	—	9,75	147 800
5,95	7,25 2)	41,5	0,0	41,5	—	9,75	147 800
6,50	8,00	45,8	—	45,8	27,5	7,50	113 400
7,00	8,68	49,5	—	49,5	36,4	5,90	89 400
8,00	10,05	57,4	—	57,4	50,5	3,25	49 100
10,00	13,00	74,2	—	74,2	72,5	1,25	18 900
13,00	17,50 3)	100,0	—	100,0	—	0,00	0

b) Frühjahr und Herbst ($e_m = 0{,}325$).

1,70	1,85	10,6	27,8	38,4	—	4,30	65 000
3,00	3,68	21,0	12,4	33,4	—	6,95	105 200
3,55	4,30 1)	24,5	8,0	32,5	—	7,25	110 000
4,65	5,70 2)	32,5	0,0	32,5	—	7,25	110 000
5,20	6,35	36,5	—	36,5	28,0	5,05	76 300
5,95	7,25	41,5	—	41,5	35,1	2,77	42 000
7,00	8,68	49,5	—	49,5	—	0,45	6 800
8,00	10,05	57,4	—	57,4	—	0,05	750
8,30	10,50 3)	60,0	—	100,0	—	0,00	0

c) Sommer ($e_m = 0{,}266$).

1,70	1,85	10,6	18,6	29,2	—	5,00	75 600
2,50	2,97	17,0	9,7	26,7	—	6,23	94 200
3,18	3,86 1)	22,0	4,6	26,6	—	6,45	97 800
3,81	4,66 2)	26,6	0,0	26.6	—	6,45	97 800
4,45	5,49	31,4	—	31,4	22.5	4,30	65 000
5,95	7,25	41,5	—	41,5	40,0	1,00	15 120
6,81	8,42 3)	48,2	—	—	—	0,00	0

1) $= Q_m - Q_{min}$. 2) $= Q_m$. 3) $= Q_{max}$.

Ausgleichlinien „a" und die Flächenschraffur (oder besser: = Färbung) flüchtig mit Blei auf und schreibt in Zahlen die Jahreszeit, Wasserführung und den ermittelten Beckenbedarf in eine Ecke des Blattes übersichtlich ein (vgl. später Abschnitt III). Aus den so erhaltenen Reihen einzelner Blätter zieht man dann die kennzeichnenden Angaben über Lastverteilung und Beckenbedarf in Listen wie hier 1a bis 1c heraus zu weiterer Verarbeitung.

c) Darstellung der Rechnungsergebnisse im Schaubild und Leistungsplan.

Die weitere Verarbeitung geschieht am besten wieder auf zeichnerischem Wege. Man trägt nämlich die kennzeichnenden Werte zweckmäßig nach Anleitung von Text-Abb. 1 in ein „Schaubild" ein. Als Grundveränderliche wählt man dabei den Stand eines geeigneten maßgebenden Pegels oder, wie hier geschehen, die gleichwertigen entsprechenden Wassermengen der Pegelstelle. Dann erhält man zunächst für die verfügbare Wassermenge des Kraftwerkes Q_1 eine Kurve als Schaulinie. (Diese Kurve geht dann in eine Gerade über, wenn die maßgebende Pegelstelle in nächster Nähe der Wasserfassung liegt oder wenn zwischenliegende Zuflüsse einen verhältnisgleich mitgehenden Wasserführungsverlauf haben.) Etwaige Abzüge am zufließenden Wasser, wie Undichtigkeitsverluste von Wehr- und Kanalanlage, Fisch-, Floß- und Schiffsgassenwasser, Bewässerungsansprüche u. dgl., lassen sich bei Auftragung der Linie der „verfügbaren" Wassermenge Q_1 bequem und anschaulich in nicht weiter erläuterungsbedürftiger Weise berücksichtigen.

Um jetzt das „Schaubild" für den Beckenbedarf zu erhalten, geht man jeweils von einem Punkte der Q_1-Kurve aus, der einem derjenigen Werte Q_1 entspricht, die man bei Berechnung der Einzelwerte J des Beckenbedarfs (in Liste 1a—c) zugrunde gelegt hatte: man trägt den zugehörigen Wert J über derselben Abszisse auf und erhält für jede zugrundeliegende Belastungslinie eine aus zwei stetigen Kurvenästen und einer wagerechten Geraden zusammengesetzte Schaulinie des Beckenbedarfs. Als Ursache des Auftretens der oberen wagerechteu Begrenzungslinie wurde bereits oben der Eintritt der Belastungsscheide (b) in den ständigen Nachtlastbereich erkannt.

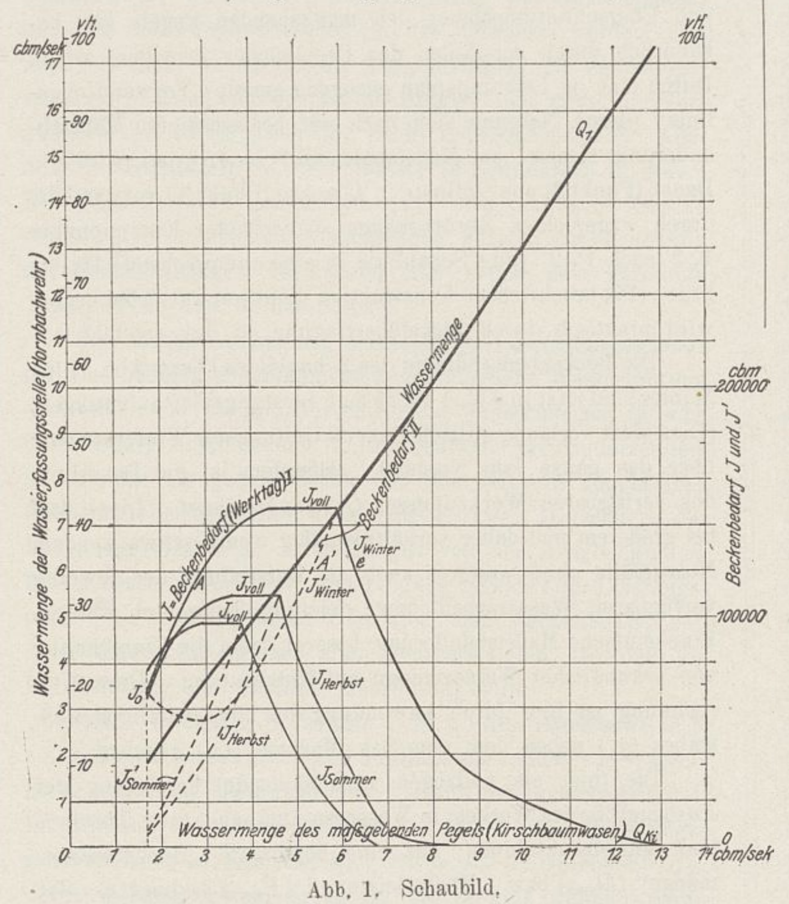


Abb. 1. Schaubild.

Ehe weiter in der Auswertung dieser anschaulichen Darstellung des Beckenbedarfs fortgeschritten wird, muß noch eine Bemerkung eingeschaltet werden. Bis hierher wurde die Berechnung stets unter der Voraussetzung: „Aushilfe in Grundkraft" durchgeführt. Es wurde aber bereits darauf hingewiesen, daß man in gewissen Fällen Anlaß haben kann, die Aushilfskraft, wenigstens zeitweise, im Spitzenteil einzusetzen. Wie in diesem Fall die Belastungsverteilung und die Berechnung des Beckenbedarfs zu gestalten ist, soll jetzt zunächst gezeigt werden.

Es wird angenommen, daß man die Aushilfskraftleistung noch möglichst klein halten will. Dann ist ihr notwendiges Mindestmaß $E_D = e_D \cdot E_{\max}$ dadurch gegeben, daß sie, wenn bei Wasserklemme die Wasserkraft wieder möglichst hoch in den Spitzenteil eingesetzt wird, ausreichen muß, um die verbleibende Grundleistung unterhalb der Belastungsscheide zu decken. Bei stärkerer Wasserführung würde diese Aushilfsleistung E_D, solange die Aushilfe in Grundkraft eingesetzt wird, nicht mehr voll beansprucht werden. Oder umgekehrt: bei stärkerer Wasserführung ist die Möglichkeit vorhanden, die einmal gegebene Leistung E_D in höheren Schichten der Belastungslinie unterzubringen. Gleichzeitig rückt dann ein mehr oder minder großer Teil der Wasserarbeit in die unterste Grundkraftschicht, während ein Rest vielleicht noch in der Spitze verbleibt. — Um für eine Wasserführung Q_1, die größer als die Wasserklemmenmenge Q_0 sei, die Belastungsverteilung nach diesem Grundsatz zu finden, verzeichnet man gemäß Abb. 5 Bl. 24 zur Spitzensummenlinie f_x eine Gleichlaufende $f_x{}^*$ im senkrechten Abstand (Leistungsmaßstab!) $e_D = (= E_D : E_{\max}) =$ Höchstleistung der gegebenen Aushilfsanlage. Dann rechnet man (Abb. 5 Bl. 24):

$$q_1 = \frac{Q_1}{Q_{\max}} = f_W;\; f_D = e_m - q_1 \text{ (erforderliche Aushilfsarbeit).}$$

Man nimmt f_D (im Arbeitsmaßstab) in den Zirkel und sucht diejenige Höhe, in welcher der wagerechte Abstand zwischen den Kurven f_x und $f_x{}^*$ gleich f_D ist. In dieser Höhe liegt bei der gewollten Lastverteilungsart die „obere Belastungsscheide" (b_0) zwischen Wasser- und Aushilfskraft. Die „untere Belastungsscheide" (b_u) liegt um e_D tiefer, findet sich also durch einfaches Herunterloten des gefundenen Schnittpunktes Z. Die Richtigkeit der Konstruktion ergibt sich aus Abb. 5 Bl. 24 ohne weiteres.

Die Berechnung für den eben durchgesprochenen Fall (Wasser in Grundkraft) ist für die drei Werktagslinien der Abb. 6—8 Bl. 24 in Liste 2 durchgeführt. Dabei war die Wasserklemmenmenge nach Text-Abb. 1 zu 1,85 cbm/Sek. = 10,6 vH. von $Q_{\max}$ anzunehmen, und aus Liste 1 war die zur Ergänzung des Höchstbedarfes (Winterlinie) erforderliche Aushilfsmaschinenleistung mit 41,7 vH.[4]) zu entnehmen. Das Ergebnis der

4) Es sei betont, daß die annähernde Übereinstimmung dieser Leistungszahl mit der Ausnutzungsziffer (41,5 vH.) der Winterlastlinie rein zufällig ist!

Liste 2. Berechnung des Beckenbedarfs bei Verwendung der Aushilfskraft mit stets möglichst hoher Leistung (Betriebsweise II).

Maßgebender Pegel	Werkwasser		Aushilfsarbeit	Belastungsscheiden		Ausgleichlinien		Beckenbedarf	
Q_P cbm/Sek.	Q_1 cbm/-Sek.	q_1 vH.	f_D vH.	b'_u	b'_o	a'_u	a'_o	i vH.	J' cbm
a) Winter ($e_m = 0{,}415$).									
1,70	1.85	10,6	30,9	0,0	41,7	0,0	52,3	4,50	68 000
3,00	3,68	21,0	20,5	20,1	61,8	18,0	64,8	1,5+2,2=3,7	56 000
4,00	4,92	28,2	13,3	33,3	75,0	26,5	76,7	4,0+0,75=4,75	72 000
4,45	5,49	31,4	10,1	40,8	82,5	30,4	83,5	5,4+0,7=6,1	92 000
5,20	6,35	36,5	5,0	54,5	96,2	36,2	96,5	7,5+0,06=7,56	114 000
5,95	7,25	41,5	0,0	100	100	41,5	100	9,75	147 800 (= J_{voll})
b) Frühjahr und Herbst ($e_m = 0{,}325$).									
1,70	1,85	10,6	21,9	10,6	52,3	10,5	52,4	0,2+0,25=0,45	6 800
3,00	3,68	21,0	11,5	26,3	100	21,0	—	2,70	40 700
3,55	4,30	24,5	8,0	32,5	100	24,5	—	4,00	60 480
4,00	4,92	28,2	4,3	39,0	100	28,2	—	5,30	80 000
4,65	5,70	32.5	0,0	100	100	32.5	—	7,25	110 000
c) Sommer ($e_m = 0{,}266$).									
1,70	1.85	10,6	16,0	—	11,0	10,6	—	0,55	8 300
2,50	2,97	17,0	9,6	—	20,5	17.0	—	2,25	34 000
3,00	3,68	21,0	5.6	—	29,3	21,0	—	3,90	59 000
3,55	4,30	24,5	2,1	—	39,0	24,5	—	5,35	81 000
3,81	4,66	26.6	0,0	—	100	26.6	—	6,45	97 800

Berechnung ist aus Liste 2 heraus in das Schaubild, Text-Abb. 1 übertragen (gestrichelte Linien und Zeichen).

Das Schaubild gestattet jetzt einen übersichtlichen Vergleich des Beckenbedarfs, wie er sich auf Grund der zwei entgegengesetzten Voraussetzungen: I. „Aushilfe in Grundkraft" oder II. „Wasser in Grundkraft" unter sonst gleichen Vorbedingungen ergibt. Der Beckenbedarf für „Aushilfe in Grundkraft" — im folgenden kurz mit J bezeichnet — ist fast durchweg beträchtlich größer als derjenige für „Wasser in Grundkraft" — der im folgenden kurz mit J' bezeichnet werden möge. Nur in den Grenzwerten J_{voll} (Höchstbedarf) und für Winter auch: J_0 (bei Wasserklemme) treffen die Kurven J und J' jeweils zusammen (weil für diese Grenzfälle auch die Belastungsverteilung in beiden Betriebsweisen übereinstimmt).

Die Betrachtung von Text-Abb. 1 muß zu der Frage anregen, ob man denn unbedingt den Beckenausbau nach dem theoretischen Höchstbedarf (J_{voll} des Winters) einrichten muß, oder ob man nicht auch mit einem kleineren Beckenausbau auslangen könnte?

Fassen wir z. B. in Text-Abb. 1 einen Ausbau auf 120 000 cbm (gegenüber dem Höchstbedarf $J_{voll} = \sim 148\,000$ cbm) ins Auge. Augenscheinlich würde dieser „beschränkte Ausbau" im Sommer und Herbst-Frühjahr durchweg, im Winter wenigstens bei gewissen Wasserständen voll genügen. Nur an Tagen mit Wasserführung in Kirschbaumwasen über 2,9 und unter 6,3 cbm/Sek. würde das Becken zeitweise versagen (Punkt A und C!). Durch allmählichen Übergang von Betriebsweise I (Aushilfe in Grundkraft) zu Betriebsweise II (Wasser in Grundkraft) ließe sich der Bereich der „Unzulänglichkeit" des Beckens von 120 000 cbm sogar noch einschränken auf Wasserführungen zwischen 5,3 und 6,3 cbm/Sek. (Punkt A' und C'!). An Tagen mit Wasserführung in diesen letzteren Grenzen müßte man also infolge der (angenommenen) Beckeneinschränkung Wasser ungenutzt laufen lassen und den dadurch bedingten Mangel zu anderen Tagesstunden durch Mehrbezug von Aushilfsarbeit decken.

Hierdurch und durch den „zwischen" A und A' (Text-Abb. 1) nötigen Übergang von dem wohlfeileren Grundkraftbetrieb der Aushilfe zum Spitzenbetrieb derselben verteuert sich der Betrieb! Ob diese Verteuerung in der Jahressumme die Ersparnis an Jahreskosten der eingeschränkten Beckenanlage auszugleichen vermag? — diese Frage läßt sich offenbar erst beantworten, wenn man weiß, an wieviel Tagen Wasserführungen zwischen 2,9 und 5,3 bzw. 6,3 cbm/Sek. durchschnittlich vorkommen. Das Schaubild (Text-Abb. 1) läßt diese Frage unbeantwortet. Wir wenden uns daher einer an sich ähnlichen Darstellung zu, die, im Gegensatz zum Schaubild, als Grundveränderliche (Abszisse) die Überschreitungsdauer der einzelnen Werkwassermengen enthält und die künftig kurz „Leistungsplan" genannt werden soll.

Der Leistungsplan.

Es sei daran erinnert, daß nach allgemeinem Gebrauch mit Unter- und Überschreitungsdauer die Anzahl der Tage bezeichnet wird, an denen im Jahreslauf ein beliebiger Pegelstand nach mehrjährigem Durchschnitt unter- oder überschritten wird. Diese Dauerwerte sind nicht zu verwechseln mit der Häufigkeit der einzelnen Pegelstände. Die Überschreitungsdauer eines bestimmten Pegelstandes z. B. ist die Summe der Häufigkeitswerte aller einzelnen Pegelstände über dem betrachteten. Unter- und Überschreitungsdauer eines und desselben Pegelstandes zusammen ergeben daher stets die gleiche Summe (fürs Jahr 365,25 Tage).

Text-Abb. 2 verdeutlicht die Herleitung der Dauerlinien des Leistungsplans aus den Schaulinien des Schaubildes. Grundlage der Umwandlung ist die Schaulinie der Unter- und Überschreitungsdauer des maßgebenden Pegels (die bekanntlich durch Auszählen der Pegelbücher errechnet wird). Durch eine im Leistungsplan gezogene gerade „Verwandlungslinie" (deren Neigung sich nach der beabsichtigten Maßstabänderung richtet, bei Maßstabgleichheit = 45° ist) wird die Dauer (Punkt 3) aus Ordinate in Abszisse (Punkt 3') verwandelt; durch wagerechtes Herüberbleien zugeordneter Kurvenpunkte 1, 2 nach 1', 2' jede Schaulinie in eine entsprechende Dauerlinie. (Die beschriebene Konstruktion dient nur zur Erläuterung, wird praktisch durch Zirkelübertragung od. dgl. ersetzt!)

Die Beckenbedarfslinien des Schaubildes (Text-Abb. 1) für Winter sind jetzt in Abb. 1 Bl. 25 zum Leistungsplan aufgetragen. (Dies setzt vorläufig stillschweigend Geltung der Winterlastlinie über das ganze Jahr voraus.) Außerdem ist die Dauerlinie des verfügbaren Werkzuflusses Q_1 eingezeichnet. Diese darf bei größerem und daher verhältnismäßig wenig schwankendem Nutzgefälle ohne weiteres auch als Darstellung der jeweilig verfügbaren Wasserarbeit bzw. -leistung betrachtet werden. Eine einfache Maßstabänderung besorgt dabei die Umrechnung von sekundlicher Wassermenge auf Nutzleistung. Diese Umrechnung ist hier durch Anwendung des hundertteiligen Maßstabes (q_1) neben dem cbm/Sek.-Maßstab (Q_1) gegeben.

Die (hier als vollzogen anzunehmende) Festlegung der Ausbaugröße des Werkes, in Wasserzu- und -ableitung, Turbinen und Betriebsmaschinen, auf eine bestimmte „Höchstwassermenge" (Q_{max}) bzw. „Höchstleistung" (E_{max}) bedingt es, daß

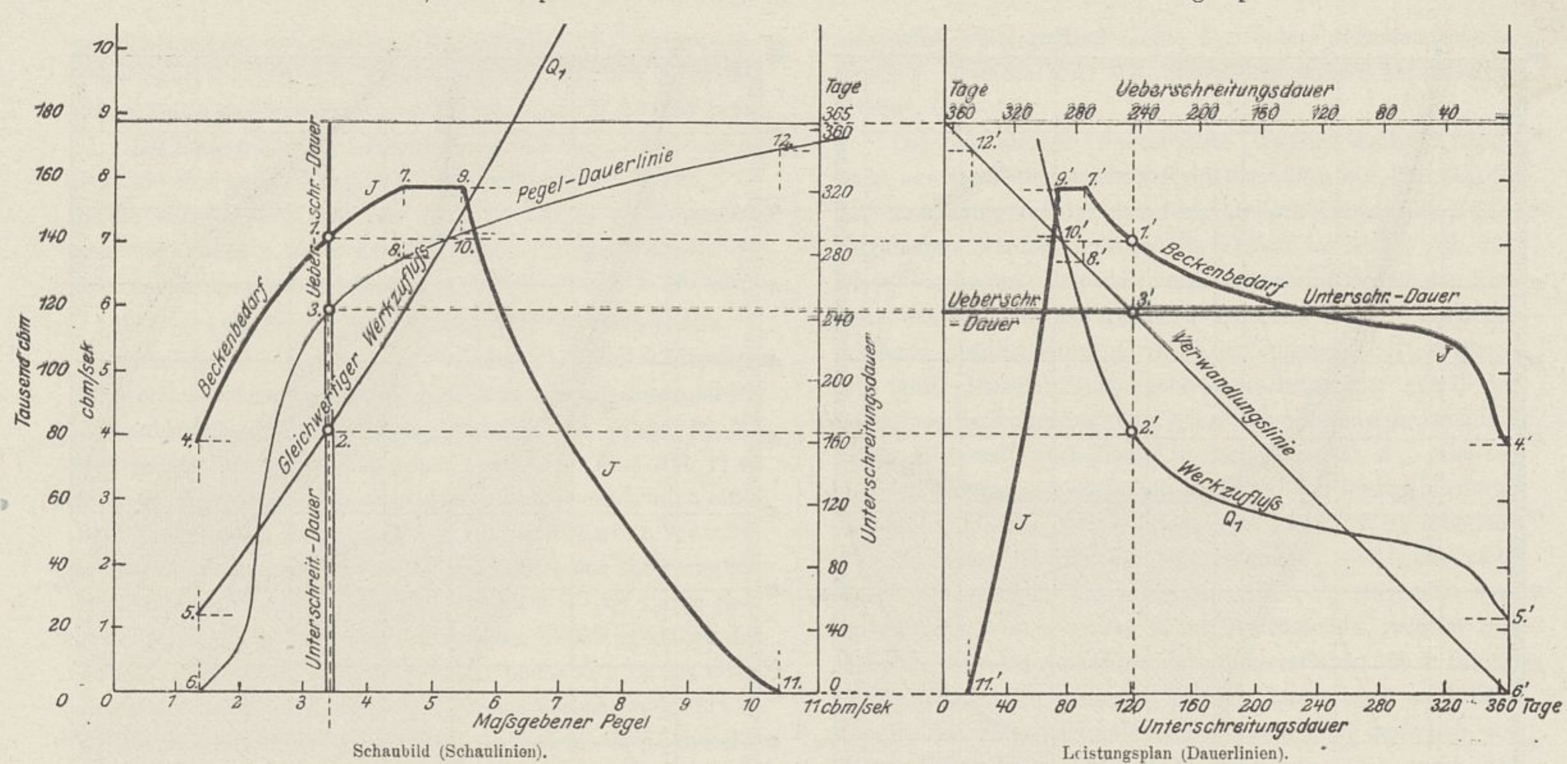


Abb. 2. Übergang vom „Schaubild" zum „Leistungsplan".

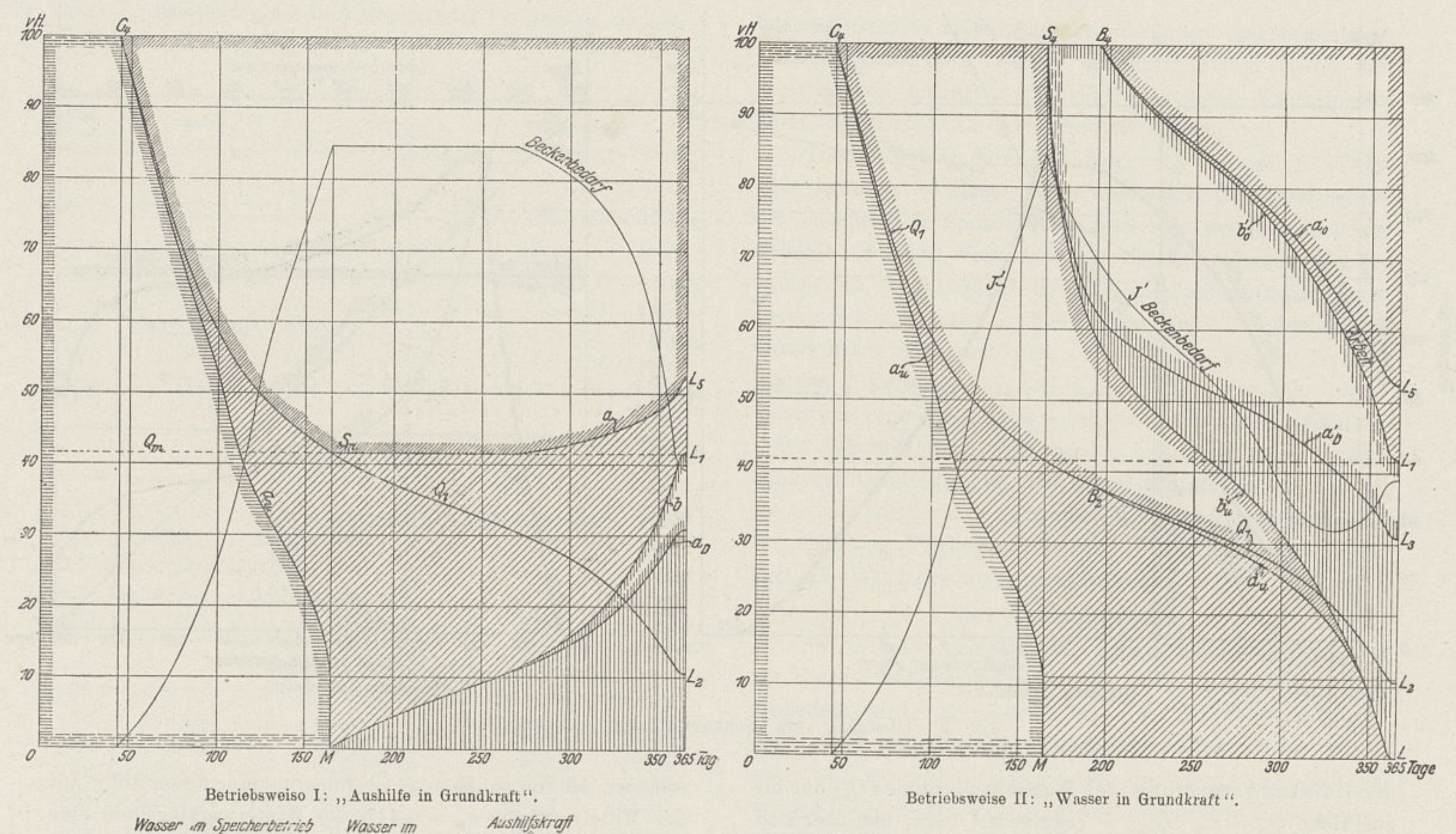
die Leistungsdauerlinie der Wassermengenlinie (Q_1) nur bis zur Höhe $Q_m = e_m \cdot Q_{max}$ = Tagesbedarf folgt, hier aber sich loslöst und geradlinig-wagerecht in Höhe Q_m (bzw. im hundertteiligen Leistungsmaßstab: e_m) weiterläuft. (Bei Niederdruckwerken mit ihrem verhältnismäßig stark veränderlichen Unterwasserstand und Nutzgefälle muß noch die Dauerlinie des mittleren Nutzgefälles verzeichnet werden, und die Nutzleistung ist nicht mehr der Wassermenge einfach verhältnisgleich.)

Zur Erleichterung des Überblicks über den Zusammenhang zwischen der wechselnden Wasserführung (im Leistungsplan) und der Belastungsverteilung (in der Lastlinie) werden jetzt noch aus Liste 1a und 2a die Ausgleichlinien und Belastungsscheiden in den Leistungsplan übertragen; und zwar, der Vergleichbarkeit halber, hier für beide Betriebsweisen (I: Aushilfe in Grundkraft und II: Wasser in Grundkraft) in einem Riß (Abb. 1 Bl. 25) zusammen. (Für rein praktische Zwecke würde man mindestens verschiedene Farben zur Erhöhung der Übersichtlichkeit verwenden oder gleich zwei getrennte Tafeln [Text-Abb. 3] herstellen.)

Bei dieser Auftragung erscheint jede Belastungsscheide für eine beliebig angenommene augenblickliche Wasserführung als Punkt, und, da die verschiedenen Wassermengen Q_1 sich ihrer Dauer entsprechend in Kurvenform aneinanderreihten, so entsteht als geometrischer Ort aller einzeln zugehörigen Belastungsscheidepunkte auch eine Kurve: Dauerkurve der Belastungsverteilung. Dasselbe gilt von den Ausgleichlinien. In der beschriebenen Vervollständigung gewährt der Leistungsplan einen erschöpfenden Überblick über Beckenbedarf und Belastungsverteilung bei allen Wasserständen, so daß die Heranziehung der Lastlinie überflüssig wird.

Man verfolge z. B. in Abb. 1 Bl. 25 für Betriebsweise I: „Aushilfe in Grundkraft" (voll ausgezogene Linien) von Wasserklemme (rechts) beginnend den Verlauf der Belastungsverteilungslinien (vgl. hierzu nochmals Liste 1a): Die Belastungsscheide (Linie b) setzt bei 41,7 vH. $= e_D$ (entsprechend E_D, der Aushilfsmaschinenleistung) an. (Es sei hier nochmals daran erinnert, daß die annähernde Übereinstimmung dieser Ziffer mit der Mittelwertziffer $e_m = 0{,}415$ der Winterwerktagslinie eine rein zufällige ist.) Die Ausgleichlinie („a") der darüber liegenden Wasserkraftspitze liegt am Ausgangspunkt um den Betrag Q_0 (Kleinstwasserführung) über der Belastungsscheide, und auch im weiteren Verlauf bleibt naturgemäß der Höhenabstand zwischen Ausgleichlinie (a) und Belastungsscheide (b) gleich der jeweilig zugehörigen Wassermengenordinate Q_1 (q_1).

In diesem weiteren Verlauf (nach links und zu größeren Wassermengen Q_1 hin) sinkt die Belastungsscheide b anfänglich schnell, dann, entsprechend der zunehmenden Völligkeit des Belastungslinienfußes, langsamer. Die Ausgleichlinie a folgt dieser Bewegung so lange, bis die Belastungsscheide die Grenze: e_{min} = „kleinste Nachtbelastung" durchschreitet. Von hier an läuft die Ausgleichlinie wagerecht in Höhe „Q_m" (Tagesbedarfswassermenge). Wo sie dabei die Linie der verfügbaren Wassermenge (Q_1) trifft (Punkt S_n), geht sie in diese über. Gleichzeitig endigt unten (Punkt M) die Belastungsscheidelinie (b); mit andern Worten: die Aushilfskraft wird still gesetzt, und dafür erhebt sich jetzt, wo Überwasser vorhanden ist, die untere Ausgleichlinie a_u (vgl. auch Abb. 4 Bl. 24), während der Beckenbedarf J schnell zurückgeht. Die füllhornförmige Fläche zwischen der Linie a_u und der Wassermengenlinie Q_1 stellt maßstäblich und anschaulich die im Jahreslauf im Speicherbetrieb voll verarbeitete Wassermasse dar (vgl. auch Text-Abb. 3). Dagegen stellt der links von der Linie a_u liegende Rest der Wassermengenfläche, nämlich die Figur: $MOYG_4$ die nur unvollkommen, im Durchflußbetrieb ausnutzbare Wassermasse dar. (Man beachte, daß Fläche LMS_nL_2 inhaltgleich mit Fläche $L_1MS_nL_5$!) Endlich verfolge man noch die Ausgleichlinie a_D der Aushilfsarbeit: Sie sinkt vom Punkte L_3 (um die Kleinstwassermenge Q_0 unter L_n gelegen) nach links und vereinigt sich in einem Punkte N_1 mit der Belastungsscheide b. Der Punkt N_1 liegt senkrecht unter N_n und ist durch die kleinste Nachtbelastung (e_{min}) bestimmt. Die Linie a_D ist ein Spiegelbild der Q_1-Linie (ihre Höhen sind nämlich $= e_m - q_1$).



Betriebsweise I: „Aushilfe in Grundkraft“.

Betriebsweise II: „Wasser in Grundkraft“.

Abb. 3. Arbeits- und Leistungsverteilung bei Betriebsweise I und II.

Ähnlich gehe man jetzt die gestrichelten Linien der Abb. 1 Bl. 25 (Betriebsweise II: „Wasser in Grundkraft“) durch (vgl. hierzu Liste 2a!). Bei Wasserklemme ist die Wasserkraft auch hier ganz in der Spitzenleistung untergebracht, über der oberen Belastungsscheide b'_o, die bei Kleinstwasser, Überschreitungsdauer = 365 Tagen, auf Höhe $e_D = 41{,}7$ vH. (Aushilfsmaschinenleistung) ansetzt (Punkt L_1).

Geht man nach links zu höheren Wassermengen über, so steigt die Linie b_o^1 sofort stark, d. h. die Wasserkraftspitze schrumpft schnell nach oben hin zusammen. Zugleich bildet sich unten ein Grundkraftstreifen von Wasserleistung, dessen obere Begrenzung b'_u im senkrechten Abstande $e_D = 41{,}7$ vH. zur Linie b'_o gleichläuft (vgl. hierzu Abb. 5 Bl. 24).

Welcher Anteil der verfügbaren Wassermenge Q_1 dabei auf die Grundkraft und welcher auf die Spitzenkraft entfällt, ist in den zugehörigen Ausgleichlinien abzulesen. Die untere Ausgleichlinie (a'_u) gibt die in Grundkraft verwendete, 24stündig gemittelte Wassermenge an. Diese ist bei Wasserklemme natürlich gleich Null (weil alles Wasser in der Spitze arbeitet), wächst dann aber rasch und erreicht den vollen Betrag der insgesamt verfügbaren Wassermenge in einem gewissen Punkte B_2. Dieser Punkt hat gleiche Überschreitungsdauer (Abszisse) mit einem andern, B_4, der „oben“ das Verschwinden der Wasserkraftspitze anzeigt.

An der Linie a'_u, die von unten her bis zur Höhe $e_{\min}$ (kleinste Nachtbelastung) mit der Belastungsscheide b'_u zusammen verläuft, läßt sich auch die in Spitzenkraft verwendete Wassermenge ablesen, nämlich einfach in dem jeweiligen Höhenunterschied der Dauerkurve der Gesamtwassermenge Q_1 und der Linie a'_u, die ja den Grundarbeitsbedarf als Abzug von jener darstellt.

Es sind daher anderseits die auf jeder beliebigen Senkrechten (K) von den Linien a'_o und b'_o gebildeten Streckenabschnitte $K_8 K_7$ den entsprechenden Abschnitten $K_2 K_4$ zwischen der Q_1- und a'_u-Linie gleich. Diesen Umstand und die früher (Abb. 5 Bl. 24) festgestellte Beziehung zwischen den Linien b'_u und b'_o — die im Höhenabstand e_D (Aushilfsmaschinenleistung) Gleichlaufende sind — kann man zur Vereinfachung der Rechnung und Auftragung in naheliegender Weise verwerten, so daß tatsächlich nur die Werte a'_u und b'_u in Liste 2a zu berechnen und zu benutzen gewesen wären!

Abb. 1, Bl. 25, ein Leistungsplan auf Grund der Winterkurve allein entwickelt, würde für praktische Zwecke noch keine geeignete Rechnungsunterlage bilden, weil die Veränderlichkeit der Belastung im Jahreslauf nicht berücksichtigt ist. Man wird daher je nach dem Grade der Belastungsänderung im Jahresverlauf und den Ansprüchen an Genauigkeit des Verfahrens zwei oder drei verschieden gestaltete „maßgebende Belastungslinien“ zugrunde legen, von denen die eine für Winter, die andere für Sommer, eine dritte vielleicht für Frühjahr und Herbst zugleich gilt.

Dem wasserwirtschaftlichen Entwurf des Murgwerks z. B. wurden die drei in Abb. 6—8 Bl. 24 zusammengestellten Lastlinien zugrunde gelegt. Dabei wurden die Zeitbereiche der Belastungslinien folgendermaßen angenommen:

Winter = 16. XI. bis 31. I. . . . . . . = 77 Tage
Frühjahr und Herbst = 1. II. bis 15. IV.
und 1. IX. bis 15. XI. . . . . . . = 150 „
Sommer = 16. IV. bis 31. VIII. . . . . = 138 „

Die Dauerzahlen sind nach Maßgabe dieser Abgrenzung aus dem wasserstandsstatistischen Beobachtungsstoff des Murgwerkes (17 Jahre) getrennt für die einzelnen Jahreszeiten heraus-

gerechnet worden und ergaben so drei jahreszeitliche Leistungspläne (Abb. 5 – 7 Bl. 25). Die Summe der drei Grundstrecken dieser Teil-Leistungspläne ist natürlich wieder = 365,25 Tage.

Die Dauerlinien der Lastverteilung sind aus Liste 1 und 2, ganz wie eben an Hand von Abb. 1 beschrieben, auch in Abb. 5 – 7 Bl. 25 eingetragen, aber nur so weit, als sie im folgenden gebraucht werden, d. h. nur die Linien für Betriebsweise II (gleiche Buchstabenbezeichnung in Abb. 5 – 7 und 1 Bl. 25).

d) Wirtschaftlich vorteilhafteste Beckengröße.

Nachdem wir im Leistungsplan die zeichnerische Unterlage für übersichtlichste Bearbeitung der Belastungsverteilung und des Beckenbedarfs geschaffen haben, knüpfen wir wieder an die letzten Sätze der Besprechung des Schaubildes (Text-Abb. 1) an (S. 380). Dort wurde (vgl. jetzt Abb. 1 Bl. 25) der Einfluß einer Beschränkung des Beckenausbaues auf den Bedarf an Aushilfsarbeit besprochen: Eine Einschränkung unter den theoretischen Höchstbeckenbedarf J_{voll} um $\triangle J$ veranlaßt — so wurde festgestellt — in der Zeit der unbedingten Unzulänglichkeit des Beckens (Abschnitt CA' in Text-Abb. 1 und Abb. 1 Bl. 25) einen gewissen Verlust an Wasserarbeit. Dieser Verlust ist durch vermehrte Aushilfsarbeit zu decken. Außerdem nötigt dieselbe Beckeneinschränkung noch zur Anwendung der kostspieligeren Betriebsweise II (Aushilfe in Spitzenkraft). Und zwar muß in dem Abschnitt CA' die ganze jeweilige Aushilfsarbeit in Spitzenform geleistet werden. Dagegen kann von A' nach A hin — d. h. bei kleinerer Wasserführung als die des Punktes A': Q'_A — wenigstens ein ständig wachsender Teil der Aushilfsarbeit in die Grundschicht heruntergelegt werden. Erst bei A (wo angenommener Beckenausbau und -bedarf für Betriebsweise I, Aushilfe in Grundkraft, übereinstimmen) und weiterhin nach rechts, an Tagen noch kleinerer Wasserführung als Q'_A kann die ganze Aushilfsarbeit in Grundkraft geleistet werden. Die zahlenmäßige Ermittlung der hierbei in Betracht kommenden Arbeitsbeträge wird jetzt an Abb. 1 und 3 Bl. 25 gezeigt:

Die mit dem Beckenausbau $J_A = J_{\text{voll}} - \triangle J$ bei Betriebsweise II, „Wasser in Grundkraft", eben ausgleichbare Wasserführung Q'_A ist durch den Punkt A'_2, den Schnittpunkt des Lotes durch A' mit der Werkwasserlinie (Q_1), bestimmt. (Man beachte die Pfeile an den wagerechten und senkrechten Übertragungslinien, die deren Zugsrichtung andeuten sollen!)

Das über $A'_2 C'_2$ liegende dreieckige Flächenstück $A'_2 C'_2 S_n$ stellt daher eine Wassermasse dar, die nicht mehr ausgeglichen oder gespeichert werden kann, sondern im Durchflußbetrieb (wie bei einem Werk ohne Sammelbecken) ausgenutzt werden muß. Infolgedessen geht ein Teil dieser verfügbaren Wassermasse für den Betrieb verloren, weil er im Belastungsverlauf in die Talflächen des Lastbildes gerät. Wieviel Wasserarbeit auf diese Weise verloren geht, ergibt sich aus der Betrachtung der Leistungsstufen, zwischen denen die Wassermengen $A'_2 C'_2 S_n$ einzusetzen sind. Denkt man sich einen Augenblick das Wasserdreieck $A'_2 C'_2 S_n$ ganz ungenutzt, so würde die obere Begrenzung der nutzbaren Wassermenge (Q'_A) durch die Wagerechte $A'_2 C'_2$ dargestellt sein. Dabei müßte das Rechteck $A'_2 C'_2 C_n A'_n$ ganz mit Aushilfsarbeit gefüllt werden. Diese Aushilfsarbeit müßte so eingesetzt werden, wie es bei der Wasserführung Q'_A, d. h. in der Senkrechten $A'_2 A'$ betriebsplanmäßig vorgezeichnet ist, d. h. oberhalb der Wagerechten $A'_1 C'_1$. Denn diese Wagerechte ist ihrer Konstruktion nach nichts anderes als die vom Lotpunkt A'_1 ab nach links hin wagerecht weitergeführte Linie b'_u, untere Belastungscheide zwischen Wasserarbeit und Spitzendampfarbeit bei Wasserführung $Q_1 = Q'_A$.

Das bis hierher weggedachte Wasserdreieck $A'_2 C'_2 S_n$ deckt nun tatsächlich einen Teil der Aushilfsarbeit $A'_2 C'_2 C_n A'_n$ und muß daher auf der eben festgestellten Lastscheide $A'_1 C'_1$ aufgetragen werden (gestrichelte Linien in Abb. 1 Bl. 25). Diese Übertragung läßt sich vereinfachen auf Grund der Einsicht, daß die Höhe des fraglichen Dreiecks $S'_7 S'_1 = S_6 S_n$ der mittleren Aushilfsleistung $A'_2 A'_n$ in der Senkrechten $A'_2 A'$ gleich sein muß. Dieselbe Leistungshöhe erscheint aber gemäß der Bedeutung der Linien b'_u und a'_D (Lastscheide und Ausgleichlinie der Aushilfskraft) noch einmal in der Strecke $A'_1 A'_3$. Man hat also nur den (gegebenen) Lotpunkt A'_3 auf die Senkrechte durch S_n hinüberzubleien, um den gesuchten Punkt S'_1 zu erhalten!

Nachdem die Höhenschicht gefunden, in der die nicht mehr speicherbaren Wassermengen $A'_1 C'_1 S'_1$ eingesetzt werden müssen, ist es jetzt leicht festzustellen, wieviel von ihnen in dem schwankenden Belastungsverlauf (Abb. 2 Bl. 25) tatsächlich nutzbar gemacht werden kann: man muß dazu nur in der Belastungslinie den Flächeninhalt zwischen den Wagerechten durch S'_1 und S'_7 ermitteln, was durch Abgreifen der Spitzensummwerte f_x geschehen könnte. Noch einfacher erhält man den gesuchten Nutzinhalt im Leistungsplan durch fortgesetzte wagerechte und senkrechte Übertragung von A'_3 über A'_4, A'_5 nach S_5. Die Höhe $S_6 S_5$ stellt unmittelbar (im Leistungsmaßstab) den Arbeitswert der nur im Durchflußbetrieb verwertbaren Wassermenge $S'_7 S'_1$ dar! $S_5 S_n$ ist daher der Verlust, der durch vermehrte Aushilfsarbeit gedeckt werden muß.

Beweis: Wasserführung Q'_A (Punkt A'_2) deckt, durch Speicherung auseinandergezogen, die Belastungsfläche bis zur Höhe A'_1 (untere Belastungsscheide). Die hierbei erforderliche Aushilfsarbeit ($A'_1 A'_3$) deckt die verbleibende Spitze bis zum oberen Rand des Lastbildes (100 vH.). Steigt die Wasserführung vom Punkte A'_2 auf A'_5, so steigt die Wasserkraftleistung vom Punkte A'_3 auf A'_4. Die Steigerung der verfügbaren Wasserarbeit um den Höhenunterschied $A'_5 A'_2$ bewirkt also eine Steigerung der Wasserkraftleistung um den Höhenunterschied $A'_1 A'_4$ (der gleich $A'_1 A'_3$ ist). Folglich ist der tatsächliche Arbeitsinhalt des Leistungsstreifens der Höhe $A'_1 A'_3$ gegeben in der Höhe $A'_5 A'_2 = S_5 S_6$, was zu beweisen war!

Obwohl die Kurvenform der Wassermengenlinie (Q_1), genau genommen, die Konstruktion von Zwischenpunkten (P, wie Abb. 3 Bl. 25 zeigt) erfordern würde, genügt es praktisch vollkommen, S_5 mit A'_2 und C'_2 geradlinig zu verbinden. Danach stellt das (in Abb. 1 Bl. 25 schraffierte) Viereck $A'_2 S_5 C'_2 S_n$ unmittelbar die erforderliche Mehrarbeit der Aushilfskraft infolge der angenommenen Beckeneinschränkung $\triangle J$ vor.

Man beachte, wie bequem sich auf Grund der gewählten Auftragungsart in den Lastverteilungs-Dauerlinien alle Ermittlungen summarisch durchführen lassen, die ohnedies in mehreren Belastungslinien (Abb. 5 Bl. 24) angestellt werden müßten! — Als zweites Rechnungsglied muß jetzt noch derjenige Teil der ohnedies erforderlichen Aushilfsarbeit ermittelt werden, der nicht in Grundkraft geleistet werden kann. Man findet ihn durch folgende Betrachtung (Abb. 1 Bl. 25):

Die Beckenbedarfslinie J' ist so berechnet, als ob stets die gesamte, jeweils erforderliche Aushilfsarbeit möglichst

hoch im Lastbild eingesetzt sei (Betriebsweise II). Dabei ist aber der angenommene Beckenausbau J_A nur bei Wasserführung über Q'_A voll beansprucht. Bei kleinerer Wasserführung, wo die Beckenbedarfslinie J' weit unter die Wagerechte J_A sinkt, würde jeweils ein dem Höhenunterschied $J_A - J'$ entsprechender Bruchteil des Beckenraumes ungenutzt bleiben. Man wird dieses unwirtschaftliche Verhältnis zu ändern suchen und bestrebt sein, soviel Aushilfsarbeit aus der Spitze in Grundkraft zu verlegen, daß der jeweils dabei entstehende Beckenbedarf möglichst lange dem ausgebauten Raume (J_A) gerade gleichkommt. Denjenigen Bruchteil der jeweiligen gesamten Aushilfsarbeit, der für diese Verlegung in Betracht kommt, findet man ohne langwieriges Versuchen und ohne Eingehen in die Lastlinie leicht im Leistungsplan, wie folgt:

Um den Beckenbedarf der Tage „rechts" von $A'A'_2$ dem Ausbau J_A jeweils genau anzupassen, also die Beckenbedarfslinie J' durch die Wagerechte J_A zu ersetzen, hat man nur überall die Belastungsverteilung des Tages mit Wasserführung Q_A' einzuführen. Geometrisch drückt sich dies so aus, daß sämtliche Belastungsscheide- und -ausgleichlinien nach rechts hin von ihren bezüglichen Schnittpunkten mit der Senkrechten $A'A'_2$ einfach auch wagerecht verlaufen (Linien A'_3A_7, A'_1A_8 in Abb. 1 Bl. 25). Unter anderen läuft auch die obere Begrenzung der voll ausgleichbaren Wasserführung (die Q_1-Linie) dabei wagerecht von A'_2 nach W in Höhe Q'_A.

Da die Wassermengen Q_1 aber tatsächlich nach rechts hin stetig kleiner werden, muß durch diese „gewaltsame" Hebung der Q_1-Linie naturgemäß unten an der X-Achse eine leere Fläche entstehen (dieselbe ist nicht eingezeichnet!). Diese leere Fläche muß nach ihrer Entstehung ein Spiegelbild des Flächenzwickels $L_2A'_2W$ sein (den wir ja eben durch „Heben" der Q_1-Linie in Gedanken zum Verschwinden gebracht haben). Gedeckt wird die leere Fläche durch Aushilfsarbeit, und zwar fällt genau der dafür erforderliche Betrag an der füllhornförmigen Fläche zwischen b'_u- und a'_D-Linie ab, wenn, wie eben geschehen, oben nur ein durchweg gleichhoher Streifen zwischen den Wagerechten A'_3A_7 und A'_1A_8 belassen wurde.

Mit andern Worten: von der gesamten Aushilfsarbeit ($S_nL_nL_2$) braucht bei beschränktem Beckenausbau J_A nur der oberhalb der Wagerechten A'_2W liegende Streifen in Spitzenkraft (oberhalb A'_1A_8) eingesetzt zu werden; der Rest kann als unterste Grundkraft geleistet werden!

Und auch der oberhalb A'_2W liegende Teil der Aushilfsarbeit kann bei der Senkrechten AA_n vollständig in Grundkraft überführt werden, weil hier der Beckenbedarf J der Betriebsweise I (Aushilfe voll in Grundkraft) unter den Ausbau J_A sinkt (Schnittpunkt A!). Der Übergang ist dabei kein plötzlicher, setzt vielmehr allmählich von einem gewissen Punkte W ab ein. Dieser Punkt ist dadurch bestimmt, daß in seiner Senkrechten der Höhenunterschied $Q'_A - Q_1$ gleich der kleinsten Nachtbelastung e_{min} wird. Denn, da von hier ab die in Grundkraft heruntergelegte Aushilfsarbeit $Q'_A - Q_1$ in der Lastlinie von unten her in den unständigen Teil der Arbeitsfläche eintritt, schneidet sie einen zunehmenden Teil der Talfläche (f_t) des Wasserkraftteils ab, der bisher als Beckenbedarf mitgezählt wurde. Der bis dahin absichtlich auf Höhe J_A erhaltene Beckenbedarf wird dadurch tatsächlich von neuem kleiner als J_A (der Beckenausbau), und es kann daher in zunehmendem Maße auch ein Teil der bisher in der Spitze gehaltenen Aushilfsarbeit der Höhe $A'_1A'_3$ in Grundkraft verlegt werden. Die Verbindungslinie der somit festgelegten Grenzpunkte W und A_n darf man gefühlsmäßig als flache Kurve eintragen.

Damit ist die Bestimmung der „verteuernden" Aushilfsarbeitsflächen für beschränkten Beckenausbau J_A grundsätzlich erledigt: Das Viereck $A'_2S_5C'_2S_n = \triangle f_1$ ist ein Maß der neu (und zwar in Spitzen) aufzuwendenden Aushilfsarbeit. Der Streifen $A'_2S_nA_nW = f_2$ ist ein Maß des in Spitzen, statt in Grundkraft zu leistenden Teils der ohnedies erforderlichen Aushilfsarbeit.

Aus den Flächenwerten $\triangle f_1$ und f_2 berechnet man die Arbeitsbeträge $\triangle A_1$ und A_2 bei einem Nutzgefälle hm, einem mittleren Wirkungsgrad der Turbinen von 0,75, der Stromerzeuger und Spannungswandler von 0,89 und mit Anrechnung von $^1/_6$ Sonn- und Feiertagen folgendermaßen:

$$\triangle A_1 \text{ (bzw. } A_2) = \frac{5}{6} 10\, h \cdot \frac{1}{1{,}5} \cdot c \cdot \triangle f_1 \text{ (bzw. } \cdot f_2).$$

Hierbei soll die Ziffer c die Umrechnung der in qcm ausgedrückten Flächenmaße auf die Einheit: „Stunden mal cbm/Sek." bewirken. Z. B. war im ursprünglichen Maßstab der Abb. 1 Bl. 25: 1 cm wagerecht = 10 Tage = 240 Std., 1 cm senkrecht $= \frac{2{,}5}{100}$ von 17,5 cbm/Sek. (Q_{max}!). Also war auch: 1 qcm = 240 · 0,025 · 17,5 = 105 Std. × cbm/Sek. = c. Mit diesem Wert von c ergab sich

$$\triangle A_1 (-A_2-) = \frac{5}{6} 10\, h \cdot \frac{1}{1{,}5} 105 \triangle f_1 (-f_2-) =$$
$$= 583\, h \triangle f_1 (-f_2-) \text{ in KWStd.}$$

Jetzt sind die Grundlagen für Berechnung der Verteuerung $\triangle k_D$ der Aushilfsarbeit alle gegeben. Ist nämlich $\mathfrak{k}_D$ der KWStd.-Preis der Aushilfsarbeit in Spitzen, $\triangle \mathfrak{k}_D$ die Verteuerung der Aushilfskilowattstunde infolge ihrer Verlegung von Grundkraft in Spitzenkraft, so ist die gesamte jährliche Mehrbelastung der Aushilfskraftrechnung:

(1) $$\triangle k_D = \mathfrak{k}_D \cdot \triangle A_1 + \triangle \mathfrak{k}_D \cdot A_2.$$

Zur Erläuterung des Rechnungsganges ist in Abb. 3 Bl. 25 die zeichnerische Ermittlung der Flächen $\triangle f_1$ und f_2 gemäß Abb. 1 Bl. 25 für eine abgestufte Reihe von Werten J_A des Beckenausbaues (mit Ordnungsziffern II—VI) durchgeführt. In Liste 3 sind die Flächenwerte in Arbeit und diese gemäß Gleichung 1 in Jahreskosten $\triangle k_D$ umgerechnet. Dabei wurden, da es sich nur um Veranschaulichung handelt, ohne nähere Begründung die Arbeitspreise, wie folgt, festgesetzt:

$\mathfrak{k}_D$ = 2,5 Pf./KWStd.

$\triangle \mathfrak{k}_D$ = 0,1 „ (= $^4/_{100}$ von $\mathfrak{k}_D$).

(Eine auf Tarifformeln aufgebaute, gründlichere Behandlungsweise wird im III. Teil d. Aufs. gezeigt werden.)

Die Werte $\triangle k_D$ sind hernach aus Liste 3 in Abb. 4 Bl. 25 zu einer Verteuerungskurve (2) aufgetragen. — Die Kurve (1) in Abb. 4 Bl. 25 gehört zu einer Untersuchung der Verteuerung bei Zugrundelegung der Betriebsweise I (Aushilfe in Grundkraft) mit Beckenbedarfslinie J, wie im unteren Teil von Abb. 1 angedeutet — Punkte A_1, A_3, A_2, S_3, C_3 usw. —. Diese nach ähnlichen Grundsätzen wie oben durchzuführende Untersuchung ist hier, als praktisch neben der eben beschriebenen bedeutungslos, nicht weiter behandelt.

Den oben ermittelten jährlichen Mehrkosten $\triangle k_D$ der Aushilfsarbeit sind die Ersparnisse infolge der Beschränkung

Liste 3. Berechnung der Jahreskostenänderung für verschiedene Annahmen des Beckenausbaues $J_A < J_{voll} = 147\,800$ auf Grund der Winterlastlinie, nach Abb. 1 u. 3 Bl 25. (Einheitspreise: $\mathfrak{k}_D = 2{,}5$ Pf./KW Std., $\triangle \mathfrak{k}_D = {}^4/_{100} \cdot \mathfrak{k}_D$; $\mathfrak{k}_J = 0{,}26$ Mark/cbm/Jahr; $h = 146$ m).

O.-Z.	Becken-ausbau J_A cbm	$\triangle J = J_{voll} - J_A$ cbm	Verlustflächen $\triangle f_1$ qcm	Verlustflächen f_2 qcm	Arbeitswerte $\triangle A_1$ KWStd.	Arbeitswerte A_2 KWStd.	Mehrkosten des Aushilfsbetriebs $\triangle k_{D_1}$ Mark/Jahr	Mehrkosten des Aushilfsbetriebs $\triangle k_{D_2}$ Mark/Jahr	Mehrkosten des Aushilfsbetriebs $\triangle k_D$ Mark/Jahr
II	138 200	9 600	0,40	6,1	34 000	519 000	850	519	1 370
III	133 200	14 600	0,95	10,3	81 000	875 000	2 020	875	2 900
IV	127 100	20 700	1,90	16,3	162 000	1 382 000	4 050	1382	5 430
V	113 800	34 000	4,80	31,0	407 000	2 640 000	10 200	2640	12 840
VI	87 000	60 400	18,80	62,0	1 600 000	5 280 000	40 000	5280	45 280

des Beckenausbaues: $\triangle k_J$, gegenüberzustellen. Es wird angenommen, daß die wasserrechtlichen Verhältnisse einen vollkommenen Ausgleich des Werkwassers, also ein Ausgleichbecken von mindestens gleicher Größe wie das Sammelbecken verlangen. Der Erweiterungs-Einheitspreis sei für beide Becken gleich, zu 2,00 Mark/cbm angenommen. (Dies ist ein Satz, der für solch verhältnismäßig kleine Becken gut möglich ist.) Der angenommene Satz umfaßt die Mehrkosten der Wehrerhöhung und -verstärkung, des Grunderwerbs und des Uferschutzes, bezogen auf 1 cbm Rauminhalt der gedachten Erweiterung oder Einschränkung. Für die Jahresrechnung entfallen hiervon (nach den beim Murgwerk angewandten Rechnungsgrundsätzen): Zins und Tilgung $5{,}0 + 1{,}0 = 6{,}0$ vH., Unterhaltung 0,5 vH., zusammen: 6,5 vH. von $2 \times 2{,}00$ *ℳ* $= 0{,}26$ Mark/cbm/Jahr $= \mathfrak{k}_J$.

Für eine angenommene Beckeneinschränkung $\triangle J$ berechnet sich die Jahresersparnis $\triangle k_J = - \mathfrak{k}_J \cdot \triangle J$. Die hiernach zu berechnenden Werte $\triangle k_J$ trägt man in Abb. 4 Bl. 25, ohne Rücksicht auf das Vorzeichen, auch nach oben ein. Die Kostenlinie ist natürlich eine Gerade und infolge der gewählten Art der Auftragung stellen die Höhenunterschiede der Geraden $\triangle k_J$ und der Kurve $\triangle k_D$ (2) die Gesamtkostenänderung $\triangle k$ dar.

— Bei dieser Art der Auftragung läßt sich für lehrhafte Zwecke sehr bequem der Einfluß einer Änderung der maßgebenden Einheitspreise übersehen, solange nur $\triangle \mathfrak{k}_D$ als im festen Verhältnis zu $\mathfrak{k}_D$ stehend (oben 4 vH. angenommen) behandelt werden darf. Es kommt dann nämlich bei dem ganzen Vergleich offenbar nur auf das Verhältnis der Werte $\mathfrak{k}_J$ und $\mathfrak{k}_D$ an. Ein Wechsel dieses Verhältnisses läßt sich einfach durch Maßstabänderung der Geraden $\triangle \mathfrak{k}_J$ berücksichtigen. Z. B. ist nach obigen Annahmen $\mathfrak{k}_D : \mathfrak{k}_J = 2{,}5 : 26$. Ist nun in anderem Falle die Aushilfskraft um 0,25 Pf./KWStd. billiger, der Beckenausbau aber um 50 vH. teurer, so wird: $\mathfrak{k}_D : \mathfrak{k}_J = 2{,}25 : 39$. Zeichnerisch läßt sich dies so berücksichtigen, daß man den Höhenmaßstab von Abb. 4 Bl. 25 im Verhältnis $2{,}5 : 2{,}25$ vergrößert und zugleich eine zweite Gerade $\triangle k_J$ einträgt, deren Neigungsverhältnis sich zu demjenigen der ursprünglich gezeichneten Geraden

$$\triangle k_J \text{ wie } \frac{39}{2{,}25} : \frac{26}{2{,}5} \text{ verhält.}$$

Ist außerdem, um eine dritte Möglichkeit zu berühren, das Nutzgefälle z. B. nur 73 m, statt 146, so hat dies im Kostenvergleich denselben Einfluß, als ob der Preis der Aushilfsarbeit im Verhältnis $\frac{73}{146}$ vermindert, oder derjenige der Beckenerweiterung im Verhältnis $\frac{146}{73}$ erhöht würde. Man erhält für diesen Fall zusammen mit den Annahmen des zweiten eine dritte Gerade $\triangle \mathfrak{k}_J$ von doppelter Steigung wie die zweite. Kurz: man zeichnet sich, um einen Überblick zu erhalten, am besten gleich ein Strahlenbüschel, wie in Abb. 4 Bl. 25 dargestellt, und kann dann nach einer kurzen Zwischenrechnung rasch den für jeden angenommenen Einzelfall passenden Strahl herausfinden oder ihn zwischen zwei vorgezeichnete Strahlen einschalten. — Endlich weist die Darstellung in Abb. 4 Bl. 25 unmittelbar auf die Möglichkeit eines wirtschaftlich vorteilhaftesten Beckenausbaues hin: Dazu sei etwa der mit ($\mathfrak{k}_J =$) 52 Pf./cbm bezeichnete Strahl betrachtet. Im Verlauf von rechts nach links läuft dieser Strahl zunächst steiler als die Linie 2. Mit andern Worten: Eine Beschränkung des Beckenausbaues ist, rein wirtschaftlich betrachtet, vorteilhaft. Der Geldvorteil ist maßstäblich durch den jeweiligen Höhenunterschied der Geraden „52 Pf./cbm“ und der Kurve 2 gegeben. Der (rein wirtschaftlich) vorteilhafteste Beckenausbau ist augenscheinlich durch denjenigen Punkt T_2 der Kurve 2 bestimmt, dessen Berührende t_2 mit der Geraden „52 Pf./cbm“ gleiche Steigung hat. Denn hier ist der Höhenunterschied am größten. Ein anderer bemerkenswerter Punkt ist der zweite Schnittpunkt (S) von Gerade „52“ und Kurve 2: Bei dem durch diesen Punkt bestimmten Beckenausbau sind die Jahreskosten dieselben wie beim Vollausbau des Beckens auf J_{voll}, gleichzeitig aber sind die Baukosten möglichst weitgehend erniedrigt.

Dieser Vergleich hat natürlich nur bedingte Gültigkeit, weil die Preisverhältnisse in jedem Fall wieder andere sein können, vor allem aber, weil die zugrundegelegte Belastungslinie (Winter — Höchstlast) keineswegs, wie bisher geschehen, für das ganze Jahr als maßgebend behandelt werden darf. Bei einer praktischen Zwecken dienenden Untersuchung muß daher eine Unterteilung des Betriebsjahres und des Leistungsplans gemäß Abb. 6—8 Bl. 24 und Abb. 5—7 Bl. 25 vorgenommen werden. Man übersieht sofort, daß dabei die Vorbedingungen für Verkleinerung des Beckens unter den theoretischen Vollbedarf sich als viel günstiger ausweisen müssen als bei der bisherigen Betrachtung auf Grund einer einzigen Höchstlastlinie. Die Dauer der höheren Werte des Beckenbedarfs ist bei Berücksichtigung der Zeiten mit niedrigerem Belastungsverlauf ganz bedeutend verkürzt. Beispielsweise würde ein Becken, das größer als 110 000 cbm (der Herbst-Frühjahr-Höchstbedarf) ist, nur noch an höchstens $\frac{5}{6} \cdot 42 = 35$ Wintertagen selbst bei Betriebsweise I, „Aushilfe in Grundkraft“, ausgenutzt werden können. Bei Betriebsweise II, „Wasser in Grundkraft“, wären es sogar nur $\frac{5}{6} \cdot 12 = 10$ Tage gegenüber der Angabe von Abb. 1 Bl. 25 mit $\frac{5}{6} \cdot 207 = 172$ bzw. $\frac{5}{6} \cdot 52 = 43{,}5$ Tagen.

Liste 4. Berechnung der Jahreskostenänderung für verschiedene Annahmen des Beckenausbaues $J_A < J_{voll}$ auf Grund jahreszeitlich unterschiedener Lastlinien, nach Abb. 6—8 Bl. 24, Abb. 5—7 Bl. 25. (Einheitspreise und Nutzgefälle wie in Liste 3)

O.-Z.	Beckenausbau J_A cbm	$\triangle J = J_{voll} - J_A$ cbm	Betriebsabschnitt	$\triangle f_1$ qcm	f_2 qcm	$\triangle A_1$ KW Std.	A_2 KW Std	$\triangle k_{D_1}$ Mark/Jahr	$\triangle k_{D_2}$ Mark/Jahr	$\triangle k_D$ Mark/Jahr
II	138 200	9 600	Winter	0,11	1,60	9 360	136 000	235	136	371
			Jahressumme	„	„	„	„	„	„	„
III	133 200	14 600	Winter	0,27	2,85	23 000	243 000	575	243	818
			Jahressumme	„	„	„	„	„	„	„
IV	127 100	20 700	Winter	0,68	4,85	58 000	413 000	1 450	413	1863
			Jahressumme	„	„	„	„	„	„	„
V	113 800	34 000	Winter	1,80	10,0	153 500	850 000	3 830	850	4680
			Jahressumme	„	„	„	„	„	„	„
VI	87 400	60 400	Winter	4,75	23,5	405 000	2 000 000	10 100	2000	12 100
			Frühjahr Herbst	0,91	7,95	77 300	678 000	1 935	678	2 613
			Sommer	0,25	2,50	21 300	213 000	530	213	743
			Jahressumme	5,91	33,95	503 600	2 891 000	12 565	2891	15 456
VII	77 800	70 000	Winter	7,90	31,17	672 000	2 700 000	16 800	2700	19 500
			Frühjahr Herbst	2,75	16,6	234 000	1 415 000	5 830	1415	7 245
			Sommer	2,10	6,97	178 500	592 000	4 450	592	5 042
			Jahressumme	12,75	55,27	1 084 500	4 707 000	27 080	4707	31 787

In der Wirtschaftlichkeitsrechnung wird unter solchen Umständen der ungünstige Einfluß der Verteuerung der Aushilfsarbeit stark zurücktreten, dagegen bleibt der Wert der Beckenverkleinerung (Geldersparnis) derselbe. Es muß also tatsächlich sich jetzt gegenüber der bisherigen Rechnung, welche die Belastungsveränderung im Jahreslauf nicht berücksichtigte, ein erheblich größerer Nutzen aus einer knappen Bemessung des Beckenraumes herausspringen. Um dies auch augenfällig nachzuweisen, wurde die Verteuerungskurve genau wie oben aus Abb. 1 bzw. 3 Bl. 25 jetzt noch aus Abb. 5—7 Bl. 25 herausgerechnet. Die Berechnung ist mit den Preisannahmen der Liste 3 in Liste 4 durchgeführt. Die dabei erhaltenen Jahressummen $\triangle k_D$ sind in Abb. 4 Bl. 25 zur Kurve 3 zusammengetragen. Wie nicht anders zu erwarten, verläuft diese Kurve viel flacher als Kurve 2. Der wirtschaftlich vorteilhafteste Beckenausbau (für $\mathfrak{k}_J = 52$ Pf./cbm, Punkt T_3) ist vergleichsweise wesentlich kleiner, als an Kurve 2 festgestellt wurde, und liegt noch etwas unter dem vollen Sommer-Beckenbedarf. Der Geldnutzen der Beschränkung des Ausbaues gegenüber dem vollen Winter-Beckenbedarf ist 16400 Mark/Jahr.

Bei einem Beckenerweiterungspreis (2 Becken) von 0,26 Pf. ist, wie man sich durch Anlegen der Richtung „26 Pf." an Kurve 3 überzeugt, der wirtschaftlich vorteilhafteste Ausbau größer (etwa 116000 cbm) und der Geldnutzen kleiner (etwa 4000 Mark/Jahr). Immerhin zeigt aber der Verlauf der Kurve 3, daß auch bei verhältnismäßig noch billigerem Beckenausbau eine Beckeneinschränkung um 15—20000 cbm rein wirtschaftlich wohl zu rechtfertigen wäre. — Für das Murgwerk können hier noch keine Schlüsse gezogen werden, u. a. weil dessen im III. Teil behandelter Vollausbau ganz andere Beckenbedarfswerte ergibt.

e) Ergänzende Bemerkungen.

Für die tatsächliche Entscheidung kommen selbstverständlich aber noch andere Gesichtspunkte in Betracht:

Der Betriebsleiter wird an sich am liebsten mit einem voll (auf J_{voll}-Winter) ausgebauten Becken arbeiten. Denn dabei entfallen alle einschränkenden Bedingungen für die Betriebsführung, die beim unvollkommenen Beckenausbau eine erhöhte Aufmerksamkeit in der Betriebsführung verlangen.

Die hierin liegenden Schwierigkeiten können aber im allgemeinen nicht als schwerwiegend anerkannt werden. An sich wird die Betriebsführung ja in der Weise zu handhaben sein, daß der erforderliche Einsatz von Aushilfsarbeit auf Grund von Pegelbeobachtungen im Oberlauf des Gewässers, sowie der vortägigen Wassermessungen am Werk selbst vorsichtig eingeschätzt wird. In dieser Bestimmung gewinnen die Betriebsleiter erfahrungsgemäß bald große Sicherheit, namentlich wenn durch planvolle Einrichtung eines Wettermeldedienstes im Einzugsgebiet eine breitere Grundlage für die Abflußvoraussage geschaffen ist.

Ein wichtigerer Einwand gegen Beckeneinschränkungen gründet sich auf den bekanntermaßen hohen Wert der durch einen reichlichen Sammelraum gegebenen Betriebsrücklage (gegenüber möglichen Störungen des Aushilfskraftbezugs). Diese Frage ist im Einzelfall nach den gegebenen Bedingungen des Absatzgebietes (Empfindlichkeit gegen Kraftausfall) und des Aushilfswerkes (Sicherheitsgrad und Dehnungsfähigkeit der Kraftlieferung) zu beurteilen. Wo die Bedürfnisfrage für eine Betriebsrücklage zu bejahen ist, dürfen die wirtschaftlichen Erwägungen trotzdem nicht als gegenstandslos von der Hand gewiesen werden. Vielmehr bleiben sie ungestört nebenher bestehen, mit andern Worten: Wenn z. B. ein Rücklageraum J_R von 30000 cbm als erforderlich und vertretbar erscheint, während die wirtschaftlichen Betrachtungen an sich einen — gegenüber $J_{voll} = 150000$ — beschränkten Ausbau $J_A = 130000$ als vorteilhaft ergeben haben, so wird man tatsächlich auf $J_A + J_R = 160000$ ausbauen. Selbstredend muß dann durch strenge Betriebsvorschrift und Überwachung dafür gesorgt werden, daß im regelmäßigen Betrieb auch nur mit $J_A = 130000$ gearbeitet wird (soweit nicht jahreszeitliche Einflüsse zeitweise ein Aufgeben und an sich stets erwünschtes Ausnutzen des Rücklageraumes gestatten).

Ein gewisser Rücklageraum ist übrigens schon durch die Art der Aufstellung der maßgebenden Belastungslinien gegeben. Denn man wird bei deren Ableitung vorsichtshalber ungünstige Voraussetzungen machen. Man wird also z. B. bei Herleitung der maßgebenden Lastlinien — aus Betriebsergebnissen von im Verteilungsgebiet bereits bestehenden

Werken und sonstigen statistischen Erhebungen — die unstetigeren, einen größeren Beckenbedarf bedingenden Teilkurven mit höherem Gewicht in die Rechnung einsetzen, als nach der Größe des ihnen entsprechenden Anteils am Versorgungsgebiet rein zahlenmäßig herauskäme.

Ein anderer gegen das beschriebene Rechnungsverfahren noch möglicher Einwand kann sich auf die Ableitung der Beckenbedarfs-Dauerlinien richten, bei der die Voraussetzung eines über je 24 Stunden gleichbleibenden Werkzuflusses gemacht wurde. Ein vollkommen genau zutreffendes Bild kann streng genommen nur bei Berücksichtigung der stündlichen Schwankungen der Wasserführung gewonnen werden. Die Grundlage dafür würde die Zeitsummenlinie (f_1 in Abb. 1 Bl. 24) bilden. Sie müßte aber hierfür über mindestens ein Jahr, also für 365 (300) Tage durchgearbeitet werden. Dies Verfahren wäre aber außerordentlich umständlich und dabei im Ergebnis nicht wesentlich genauer als das Verfahren der Dauerlinien. Denn wenn diese vielleicht für die Tage stärkeren Wasserstandswechsels (und nur für diese) nicht ganz richtige Einzelergebnisse liefern, so haben sie anderseits den grundsätzlichen Vorteil, daß sie den Durchschnitt einer vieljährigen Wasserführung fehlerlos wiedergeben. Dabei ist die Rechnungsweise viel weniger mühevoll, durchsichtiger und die Darstellung übersichtlicher als beim Verfahren der Zeitsummenlinie. — Schließlich darf auch angesichts der mancherlei Unsicherheiten der Grundlagen (Abfluß- und Belastungsverlauf, Preisansätze u. a. m.) nicht urteilslos höchste „Genauigkeit" gefordert werden.

4. Ausnutzung des Sonntagüberwassers.

a) Zurückhaltung und Ausgleich des überschüssigen Sonntagwassers.

Die bisherigen Untersuchungen beschäftigten sich nur mit Betriebsplänen für Werktage und ließen die Tatsache außer Betracht, daß die Sonn- und Feiertage mit ihrem durchschnittlich viel kleineren Arbeitsbedarf auch bei Wasserführung unter dem Werktagsbedarf (Q_m) noch Wasserüberschüsse frei lassen, die vielleicht zur Deckung des werktäglichen Mangels mit Vorteil ausgenutzt werden könnten. Man macht sich die Verhältnisse am besten an der Hand der in Abb. 1 Bl. 26 von Samstag bis Montag zusammengestellten Belastungslinien klar: Bei irgendeiner (als beharrend angenommenen) Wasserführung Q_1 (z. B. 5,0 cbm/Sek.) ist Werktags, im Winter, zur Ergänzung auf Tageswasserbedarf ($Q_m = 7{,}25$ cbm/Sek.) Aushilfskraft erforderlich in einem Leistungswert von 3,3 cbm/Sek. und mit einer Arbeitslieferung von 2,25 cbm/Sek. Sonntags dagegen bleibt ein Wasserüberschuß vom Betrage $Q_1 - Q_S = Q_{Sü} = 5{,}0 - 3{,}0 = 2{,}0$ cbm/Sek. ungenutzt.

Und zwar ist die Laufzeit dieses „Sonntagüberwassers" rechnerisch zu zählen von Samstagmitternacht bis Sonntagmitternacht. — Denn die für den Spitzenbetrieb des Montags erforderliche Füllung des Sammelbeckens wird schon durch das Tal der Samstagnacht (bis 12 Uhr) und des Montagmorgens (ab 12 Uhr) nach Ausweis der früheren Ermittlungen bestritten. Man denke sich die Sonntagslastlinie herausgeschnitten und Montag an Samstag dicht angereiht!

Das im Sammelbecken zurückgehaltene Sonntagüberwasser $Q_{SÜ}$ (z. B. die obigen 2,0 cbm/Sek.) kann die Woche über nach Bedarf, im besonderen auch: gleichmäßig verteilt, abgearbeitet werden. Es liefert dann für die sechs Wochentage eine durchschnittliche Verstärkung des Werkzuflusses um $\frac{1}{6} Q_{SÜ}$ vom Betrage $\frac{1}{6}(Q_1 - Q_S)$, hier z. B. $\frac{1}{6} \cdot 2{,}0 = 0{,}33$ cbm/Sek. Im gleichen Betrage wird Dampfarbeit eingespart.

Es versteht sich, daß für die Nutzung des Sonntagüberwassers nur die Zeiten des Wassermangels ($Q_1 < Q_m$) der einzelnen Jahreszeiten in Betracht kommen.

In welchem Gesamtumfang im Wechsel der Wasserstände dabei Sonntagüberwasser verfügbar wird, läßt sich wieder am übersichtlichsten in Schaubild und Leistungsplan darstellen, Abb. 2 Bl. 26.

Der Höhenunterschied der Q_1-(Zufluß)-Linie gegenüber der Wagerechten Q_S (Sonntagsbedarf) ist: verfügbares Sonntagüberwasser $Q_{SÜ}$. Solches kann die Woche über (Beharrungswasserstand vorausgesetzt) voll verwendet werden, solange der Naturzufluß Q_1 nicht größer ist als der Wochendurchschnitt, d. h. als der durchschnittliche siebentägige Bedarf: $Q_W = \frac{6\,Q_m + Q_S}{7}$.

Bei diesem Grenzfall ist das verfügbare Sonntagüberwasser $= \frac{6}{7}(Q_m - Q_S)$.

Bei Wasserführung über diesem Grenzwert bleibt ein Teil des Sonntagüberwassers unverwendet. Bei Wasserführung in Höhe des Werktagbedarfes ($Q_1 = Q_m$) kann das Sonntagüberwasser überhaupt nicht mehr verwendet werden. Die nach diesen Gesichtspunkten bestimmte Gerade HE_1 gibt im Schaubild (Abb. 2 Bl. 26) genau genug den Verlauf des „verwendbaren" Sonntagüberwassers zwischen $Q_1 = \frac{6\,Q_m + Q_S}{7}$ und $Q_1 = Q_m$ an. Die durch HE_1, die Q_1-Linie und die Wagerechte Q_S begrenzte dreieckförmige Fläche des Leistungsplanes (E_1HD_1) gibt die gesamte günstigstenfalls verwendbare Sonntagüberwasser-Masse (= Arbeit) an.

Verwandelt man die Höhen dieser Fläche zeichnerisch auf $\frac{1}{6}$ ihrer Größe und trägt sie über der Q_1-Linie an, so erhält man eine „vervollständigte" $Q_1{}^S$-Linie, die in sechstägigem Durchschnitt unmittelbar das verfügbare gesteigerte Werktagwasser bei voller Zurückhaltung des Sonntagüberwassers zeigt. Diese Linie ist gestrichelt in Abb. 2 u. 4 Bl. 26 (nur im Leistungsplan, nicht auch im Schaubild) verzeichnet.

Schaubild und Leistungsplan sind hier mit Rücksicht auf die nachweisbar geringe praktische Bedeutung der Sonntagwassernutzung nur für „Sommer" und „Winter" (nicht noch für „Herbst") aufgetragen. Diese Vereinfachung (gegenüber Abb. 5—7 Bl. 25) ist um so mehr berechtigt, als auch die der Herstellung des Leistungsplanes zugrunde liegende Voraussetzung eines über je sieben Tage anhaltenden Beharrungswasserstandes nur Näherungsergebnisse erwarten läßt.

Wieviel von dem eben bestimmten verwendbaren Sonntagüberwasser tatsächlich ausgenutzt werden kann, hängt nun aber noch ganz von den Ausbauverhältnissen der Speicherbecken ab.

b) Abhängigkeit der Sonntagwasserausnutzung von der Ausbaugröße des Sammelbeckens.

Für den Fall, daß ein Ausgleichbecken nicht nötig ist, lassen sich die Verhältnisse an der Hand des Schaubildes und der Belastungslinien leicht überblicken, vgl. Abb. 1 u. 2 Bl. 26.

Man kann zunächst annehmen, der früher ermittelte Werktagbetriebsplan (Abb. 2 Bl. 24 und Abb. 1 Bl. 25) bleibe noch für

Samstag und Montag unberührt bestehen, d. h. es arbeite auch an diesen Tagen die Aushilfskraft voll (bei Grundkraftbetrieb: 24 stündig) durch, werde Samstagmitternacht abgestellt und Sonntagmitternacht wieder angeschaltet. Dann beansprucht der Montags-Spitzenbetrieb im Sammelbecken einen früher ermittelten, von der Naturwasserführung abhängigen Nutzraum, der durch die Beckenbedarfslinie J bereits weiter oben dargestellt wurde. — [Die Linie J (Betriebsweise I) kommt hier deshalb in erster Linie in Betracht, weil es sich um Beckenerweiterung über Werktagbedarf handelt. Ob es sich nämlich empfiehlt, bei Ausbau des Beckens unter Werktaghöchstbedarf (J_{voll}) die Betriebsweise II (Spitzen-Aushilfskraft) lediglich zu dem Ende durchzuführen, um Beckenraum für Sonntagüberwassernutzung frei zu machen, bedarf im Einzelfall einer besonderen Untersuchung. Die Richtlinien dafür ergeben sich aus den folgenden allgemeinen Entwicklungen ohne weiteres.]

Um außer dem Werktagbeckenbedarf noch das Sonntagüberwasser $Q_1 - Q_S = Q_{S\ddot{U}}$ aufzuspeichern, wäre noch ein Raumausmaß $J_S = 86400\,(Q_1 - Q_S)$ („Sonntagbeckenbedarf") erforderlich. Im Schaubild und Leistungsplan lassen sich die Werte J_S durch zeichnerische oder Rechenschieberverwandlung mühelos aus den Höhenunterschieden der Q_1-Linie und der Wagerechten Q_S herleiten. Sie werden dort unmittelbar zeichnerisch zu den Höhen J (Werktagbeckenbedarf) hinzugezählt, wodurch die Linie $J + J_S$ entsteht (Abb. 1 u. 2 Bl. 26).

Der Schnittpunkt A dieser Linie mit der Wagerechten J_A (tatsächlicher Beckenausbau) bestimmt (heruntergelotet) den Anfangspunkt D der unvollkommenen Ausnutzbarkeit des verwendbaren Sonntagüberwassers. Der Verlauf der weiteren Begrenzungslinie DD_2E desselben ergibt sich bei Rückverwandlung der Höhenunterschiede $J_A - J$ in Wassermengen-Höhenunterschiede. Diese Linie DD_2E läßt sich, (vgl. Abb. 2 Bl. 26), auch in die auf Wochendurchschnitt verwandelte Linie $Q_1{}^S$ übertragen (punktierte Linie gleichlaufend mit der Q_1-Linie).

Die Darstellung bedarf aber noch einer Berichtigung; denn ein Blick auf Abb. 1 Bl. 26 lehrt, daß man den Beckenbedarf für Sonntagüberwasser sehr wesentlich einschränken kann, wenn man die Aushilfskraft Samstags schon vor Mitternacht aus- und in der Sonntag-Montagnacht entsprechend erst möglichst spät nach Mitternacht wieder anschaltet (Flächen: „Ersparte Aushilfe" in Abb. 1 Bl. 26).

Praktisch gestaltet sich der Betrieb dabei etwa folgendermaßen: Sobald, Abb. 1 Bl. 26, stark gestrichelte Linien, nach Ablauf der Samstagabendspitze die Netzbelastung unter die Summe von planmäßiger Aushilfsleistung und Zuflußdurchschnitt sinkt, wird zunächst entsprechend dem weiteren Heruntergehen der Belastung die Aushilfskraft entlastet, schließlich völlig abgeschaltet. Das Sammelbecken beginnt sich dabei erst vom Punkte L_5 (statt schon von L_6) an wieder zu füllen. Sobald es voll ist, was je nach Zufluß im Laufe des Sonntags oder erst in der Frühe des Montags eintritt, geht der weitere, den Augenblicksbedarf noch übersteigende Zufluß durch Leerschuß oder Überlauf ab. Erst wenn die Belastung den Zufluß wieder übersteigt, im Punkte G_2 (nicht schon in G_3), wird die Aushilfskraft angeschaltet und, entsprechend dem weiteren Wachsen der Belastung, zu voller Höhe (Punkt G_1) gesteigert. Das bis dahin voll gehaltene Sammelbecken wird von hier ab entsprechend dem regelmäßigen Werktagsbetriebsplan unter Berücksichtigung der Mehrspeisung aus Sonntagüberwasser abgearbeitet.

Bei der eben beschriebenen Betriebsführung wird gegenüber der anfänglich gegebenen Darstellung eine gewisse Masse Sonntagüberwassers weniger gespeichert, deren Betrag gleichwertig ist der am Samstagabend und Montag früh „ersparten" Aushilfsarbeit (Flächen $L_3 L_4 L_5 L_6$ und $G_3 \ldots G_6$). Dementsprechend läßt sich eine verbesserte Linie $(J + J_S')$, des tatsächlichen Beckenbedarfs in Abb. 2 u. 4 Bl. 26 verzeichnen. Damit fällt die Fläche des ausnutzbaren Sonntagwassers, bei gleichem Beckenausbau J_A, größer aus und besteht jetzt aus zwei Teilen: speicherbares Sonntagüberwasser (Q_{SS}) und „ersparte Aushilfe" (D_E). Die Vergrößerung der ausnutzbaren Sonntagwassermasse ist durch den Zinken $D_2 DHEE_2 H_2$ (Abb. 4 Bl. 26) dargestellt. Die Fläche $F_1 D_1 DD_2$ brauchte augenscheinlich nicht notwendig durch „Aushilfskraftersparung" nutzbar gemacht zu werden; sie könnte auch durch Speicherung ausgenutzt werden (weil sie unter der Grenze DD_2E liegt). Praktische, später zu berührende Gründe der Betriebsführung werden im Einzelfall den Ausschlag geben.

Nach Durchführung der geschilderten Rechnungen und Auftragungen kann man jetzt auch der Frage näher treten, ob die Aussicht auf Steigerung der Sonntagwassernutzung die Erhöhung der Ausbaugröße eines (geplanten) Sammelbeckens über Werktagsbedarf begründen kann. Diese Frage läßt sich im Einzelfall auf Grund versuchsweise angenommener Änderungen ($\triangle J$) des Beckenausbaues an der Hand des Leistungsplans und Auftragung einer Kostenlinie nach Art von Abb. 4 Bl. 25 leicht rechnerisch behandeln. Da die Untersuchung nichts Neues bietet, soll von näherer Darstellung abgesehen werden. Es läßt sich aber auch eine leicht an der Hand der Abb. 3 Bl. 26 abzuleitende mathematische Formel angeben, nach der sich diese Frage gegebenenfalls rasch klären läßt.

Eine Beckenvergrößerung zwecks Erhöhung der Sonntagwassernutzung lohnt sich nicht, ist ohne wirtschaftlichen Einfluß, ist vorteilhaft, je nachdem:

$$\mathfrak{k}_J \gtreqless \frac{24}{6}\, 10h\, \frac{1}{1{,}5}\, \frac{\mathfrak{k}_D}{100}\, \Sigma T\, \frac{\triangle Q_{SS}}{\triangle J_S'}.$$

Hierin ist in teilweiser Übereinstimmung mit früherem:

$\mathfrak{k}_J$ = Jahreskosteneinheitssatz der Beckenerweiterung Mark/cbm/Jahr.

h = Nutzgefälle in m.

$\mathfrak{k}_D$ = Gestehungspreis der Aushilfskraft-KWStd. bezogen auf Primärsammelschienen Hauptkraftwerk in Pf./KWStd.

T = Zeitabschnitte, gemäß Abb. 3 Bl. 26 aus den einzelnen jahreszeitlichen Leistungsplänen zu entnehmen, in Tagen.

$\triangle J_S'$ = beliebig angenommene, gedachte Beckenerweiterung in cbm.

$\triangle Q_{SS}$ = Zuwachs des speicherbaren Sonntagüberwassers aus den einzelnen jahreszeitlichen Leistungsplänen entsprechend dem angenommenen $\triangle J_S'$ gemäß Abb. 3 Bl. 26 zu entnehmen.

Beachtet man dabei, daß, nach früherem:

$J_S' = 86\,400\, Q_{SS}$, somit auch $\triangle J_S' = 86\,400\, \triangle Q_{SS}$ sein muß, so kann man obige Formel vereinfachen zu:

$$(2) \qquad \mathfrak{f}_J \gtreqless \frac{10\,h\,\mathfrak{f}_D}{6 \cdot 3600 \cdot 1{,}5 \cdot 100} \cdot \Sigma T = \frac{h\,\mathfrak{f}_D}{324\,000}\,\Sigma T.$$

Nimmt man z. B. an $\mathfrak{f}_J = 0{,}26$, $\mathfrak{f}_D = 3{,}00$, $h = 146$ m, so findet man aus Abb. 2 und 4 Bl. 26 für $J_A = 164\,000$ cbm im Winter $T = 21$, im Sommer $T = 43$ Tage.

Somit die rechte Seite der Formel 2:

$$\frac{146 \cdot 3{,}0}{324\,000} \cdot (21 + 43) = 0{,}09, \text{ also ist:}$$

$$\mathfrak{f}_J = 0{,}26 > \frac{h\,\mathfrak{f}_D}{324\,000}\,\Sigma T$$

und eine Beckenvergrößerung über J_{voll} des Werktags hinaus würde sich nicht bezahlt machen.

Allgemein führt übrigens schon ein Blick auf Abb. 2 u. 4 Bl. 26 zu der Erwägung, daß die großen, für das Sonntagüberwasser zusätzlich erforderlichen Beckenräume im Vergleich zum Werktagbeckenbedarf zu schlecht (im Verhältnis 1 : 6 schlechter) ausgenutzt werden, um wirtschaftlich arbeiten zu können. Wenn gar die vorgängige Ermittlung des wirtschaftlich vorteilhaftesten Werktagbeckenraumes (Abschnitt 3d) ergab, daß der Ausbau mit Nutzen unter dem größten Winterbeckenbedarf des Werktags gehalten werden kann, so darf eine Vergrößerung zugunsten besserer Sonntagwassernutzung von vornherein als unwirtschaftlich bezeichnet werden. Meistens wird man daher der Sonntagwassernutzung keinen Einfluß auf die Festlegung der Ausbaugröße des Sammelbeckens einräumen dürfen. Vielmehr wird es sich in der Regel nur darum handeln, festzustellen, wieviel Sonntagüberwasser mit einem nach anderen Gesichtspunkten bereits bestimmten Beckenausbau nutzbar gemacht werden kann.

Im Falle des Murgwerkes ist das Sammelbecken aus später zu berührenden anderweitigen Gründen auf einen Nutzraum (eisernen Bestand ungerechnet) von 320 000 cbm angelegt worden. Infolgedessen könnte (bei Außerachtlassung des Ausgleichbeckens) nach Ausweis von Abb. 2 und 4 Bl. 26 das Sonntagüberwasser etwa in folgendem Umfang ausgenutzt werden:

		Winter	Sommer
1. Verwendbares Sonntagüberwasser	cbm	710 000	1 235 000
(Flächen $H E_1 D_1$)	vH.	100	100
2. Davon nutzbar:			
a) durch Speicherung (Q_{SS}) . . .	cbm	353 000	815 000
	vH.	50	66
b) durch Aushilfskraftersetzung (D_E)	cbm	292 000	420 000
	vH.	41	34
c) nicht ausnutzbar („Verlust“) . .	cbm	65 000	0
	vH.	9	0

Der größte Teil der hier unter „Aushilfskraftersetzung“ gerechneten Wassermasse (im Sommer: die ganze) könnte übrigens, wie schon festgestellt, auch durch „Speicherung“ nutzbar gemacht werden ($D D_1 F_1 D_2$).

c) Abhängigkeit der Sonntagwassernutzung von der Ausbaugröße des Ausgleichbeckens.

c₁) Allgemeines über Abflußausgleich.

Wenn fremde Nutzungsrechte am Unterlauf des Flusses die Anlage eines Ausgleichbeckens nötig machen, so handelt es sich zunächst darum, festzustellen, in welcher Form und in welchem Umfange Ausgleich des Werkabflusses von dem neu anzulegenden Kraftwerk billigerweise gefordert werden kann.

Unter der Form des Ausgleichs wollen wir den Grad der erzielten Gleichmäßigkeit der Wasserführung verstehen. In der Regel ist ja der „Naturzufluß“, selbst beim „Beharrungszustande“, ständig kleinen Schwankungen unterworfen, die namentlich bei Niederwasser sehr fühlbar sein können. Bei der Murg z. B. sind an dem Meßwehr von Kirschbaumwasen Schwankungen von + 0,4 auf — 0,4 cbm/Sek. um den Mittelwert herum innerhalb 1 bis 2 Stunden bei mittlerer Wasserführung von 2 bis 4 cbm/Sek. regelmäßig mehrfach während des Tages zu beobachten. Zum größten Teil sind diese Schwankungen auf zeitweises „Spannen“ des Wassers an einigen im obersten Murgtal gelegenen älteren Säge- und Eisenwerken zurückzuführen, die wohl kleine Sammelweiher, aber kein Ausgleichbecken haben. So ist bei allgemeinem Kleinwasser namentlich der Montag stets durch äußerste Wasserklemme gekennzeichnet. Aber auch natürliche Einwirkungen, der Wechsel von Nachtfrost und Tageserwärmung im Winter u. a., können kleine, stunden- oder halbtageweise Schwankungen des Wasserstandes bedingen. Auch schnellanlaufende, stärkere, durch Teilberegnung des Einzugsgebiets hervorgerufene Zuflußänderungen von etwas längerer Dauer gehören ihrer Wirkung auf die Unterlieger nach hierher.

Auf Grund der wasserrechtlichen Bestimmungen kann zunächst wohl nie mehr verlangt werden, als völlige Wiederherstellung des — sonach stets keineswegs vollkommen gleichmäßigen — „Naturzuflusses“, wie er ohne das Dasein des neuen Werkes sich einstellen würde. Es würde aber zweifellos überall den Unterliegern Vorteile bringen, wenn das neue Kraftwerk den Ablaß aus dem Ausgleichweiher so regeln würde, daß eine möglichst vollkommen gleichmäßige (dem mittleren Tageszufluß, bei Beharrungsstand, entsprechende) Speisung des Unterlaufs entstände. Eine derartige Regelung nützt auch teilweise dem Kraftwerke selbst, weil eine genaue Nachbildung des schwankenden Naturzuflusses den Ausgleichbetrieb nur unnötig erschweren würde. Nur darf nicht etwa eine bindende Zeitbegrenzung für die Beibehaltung eines solchen gleichmäßigen Wasserablasses gefordert werden (etwa Forderung 24stündig gleichmäßigen Ablasses). Tatsächlich ist ein derartig weitgehendes und den Ausgleichbeckenbedarf bei schwankender Naturwasserführung selbstverständlich vergrößerndes Verlangen aber auch gar nicht nötig, um die Unterlieger in den Genuß der voraussichtlichen Vorteile der Abflußverbesserung zu setzen.

An der Murg z. B., die von Forbach abwärts fast lückenlos mit hoch ausgebauten, im Dauerbetrieb arbeitenden Triebwerken, hauptsächlich Holzstoff- und Papierfabriken, besetzt ist, lagen die Verhältnisse bisher so, daß die erwähnten kleinen „Naturschwankungen“ des Werkzuflusses häufige, unangenehm empfundene Wasser- und Werkstoffverluste bedingten, weil der auf wenige große Arbeitsmaschinen verteilte Kraftverbrauch sich nicht in der kurzen Zeit von $^1/_2$ bis 1 Stunde dem wechselnden Zufluß anpassen läßt. Diese Schwierigkeiten würden aber zugestandenermaßen schon wegfallen, wenn die Wasserstandswechsel wenigstens nur alle 4 bis 6 Stunden eintreten würden, was sich in der Regel ohne Beckenvergrößerung ermöglichen läßt. (Nötigenfalls ließe sich zur vollkommenen Sicherheit wohl meist auch eine Fernspruch-Ansage der Wasserstandswechsel vom Kraftwerk an die Unterlieger mit geringen Kosten bewerkstelligen.)

Die Bedeutung der zweiten Frage, nach dem Umfang des Abflußausgleichs, ergibt sich aus folgendem. Der einzelne

Unterlieger hat nur soweit ein Anrecht auf gleichmäßige Wasserabgabe, als er selbst vermöge der Aufnahmefähigkeit seiner eigenen Wassernutzungsanlage imstande ist, die zulaufende Wassermenge voll auszunutzen. Übersteigt dagegen der Zulauf Q_{1u} (u von Unterlieger) den Höchstbedarf Q_{mu} der Einzelanlage, so kann es dem Nutzungsberechtigten gleichgültig sein, ob der Überschuß $Q_{1u} - Q_{mu}$ auch noch gleichmäßig anläuft oder nicht. (Dabei wird natürlich von Fällen grober Ungleichmäßigkeiten, die z. B. künstliche kleine Hochwasserwellen und im Gefolge Rückstauwirkung, Uferschäden und dergleichen bedingen können, abgesehen, weil diese Fälle stets leicht zu vermeiden sind.)

Es fragt sich jetzt zunächst, ob das Kraftwerk, um dem betrachteten Unterlieger bei entsprechend hoher Naturwasserführung seinen Vollbedarf Q_{mu} ausgeglichen zukommen zu lassen, auch den eigenen (früher mit Q_1 bezeichneten) Werkzufluß bis zur Höhe Q_{mu} ausgleichen muß. Das wird in der Regel nicht der Fall sein. Denn der Unterlieger verfügt stets über ein größeres Einzugsgebiet als das Kraftwerk. Den Flächenunterschied beider Gebiete nennen wir das (vom Kraftwerk) unberührte Einzugsgebiet des Unterliegers. Es setzt sich wiederum zusammen aus den unterhalb des Ausgleichbeckens ins Flußbett entwässernden Gebietsteilen und aus den zwischen Sammelbecken (Wasserfassung) und Ausgleichbecken in dieses letztere entwässernden Teilen. Die Trennung dieser beiden Gruppen von Flächenteilen ist genau genommen überflüssig; man könnte sie einfach zusammenfassen als die unterhalb des Sammelbeckens bzw. der Wasserfassung ins Flußbett entwässernden Flächen. Die Trennung hat aber doch eine innere Berechtigung, denn der Abfluß der zwischen Sammel- und Ausgleichbecken liegenden Gebiete, die wir künftig das „nichterfaßte" Gebiet (des Kraftwerks) nennen wollen, muß das Ausgleichbecken (Anlage desselben im Flußbett vorausgesetzt) durchlaufen! Allerdings beansprucht er darin keinen Beckenraum, benutzt das Ausgleichbecken nur als Durchlaßkanal, nicht als Speicher. Man erkennt: genau betrachtet, ist der Ablaß des Ausgleichbeckens tatsächlich in der Regel größer als der Zufluß des Sammelbeckens, und zwar größer um den Zuflußanteil des nichterfaßten Einzugsgebietes.

Die besprochenen Zusammenhänge werden durch Darstellung im Schaubild übersichtlich (Abb. 4 Bl. 26). Man erblickt hier zunächst außer den Zuflüssen Q_1 des Sammelbeckens des Murgwerkes in dünnen Linien über einer vorerst beliebigen Wagerechten RR aufgetragen den „gleichwertigen unberührten Zufluß" der wichtigsten Unterlieger am Murglauf. Die dafür grundlegenden Zahlen wurden, da Pegelaufzeichnungen für den Unterlauf nicht ausreichend zur Verfügung standen, unter Berücksichtigung der Gebietsgrößen durch verhältnisgleiche Umrechnung der Wassermengen „Kirschbaumwasen" näherungsweise erhalten; dabei wurden Berichtigungsglieder eingeschaltet, die sich leicht aus dem Vergleich der durchschnittlichen Regenhöhen der betreffenden Einzugsgebiete ergaben.

Die Werte der unberührten Zuflüsse wurden dann zu den zugehörigen Werten (Q_1) des Murgwerkszuflusses zeichnerisch hinzugefügt und dadurch wurden die Linien (Q_{1u}) des (gesamten) Werkzuflusses der verschiedenen Unterlieger gebildet (vgl. Abb. 4 Bl. 26 die Andeutung dieser Konstruktion an Höhe $P_1 C_1 = PC$). (Zufällig liegt dabei das Werk „Dr. Dorn in Forbach" so dicht unterhalb des Ausgleichbeckens, daß die für dieses Werk erhaltenen Linien $Q_{1u} - Q_1$ und Q_{1u} zugleich als für das Ausgleichbecken gültig angesehen werden können.)

Auf jeder Unterliegerlinie (Q_{1u}) wurde nun noch durch einen kräftigen Punkt die Ausbaugröße Q_{mu} des betreffenden Werkes bezeichnet. Man sieht z. B., daß die drei Werke „Wielandt u. Weber", „Clemm" und „Gaggenau" betragsmäßig gleich hoch, auf 12 cbm/Sek., ausgebaut sind. Zugleich aber sieht man, daß die diesem Ausbau entsprechende „obere Grenze der Ausgleichpflicht" (Punkt P z. B. für „Clemm") einen anderen Wert annimmt, je nachdem man sie auf Grund des einen oder anderen dieser drei Werkausbaue bestimmt. Das Werk „Clemm", das den „verhältnismäßig höchsten" Ausbau (im Vergleich zur Einzugsgebietsgröße) hat, ist offenbar „maßgebend", denn es bedingt die größte Höhe der „oberen Grenze der Ausgleichpflicht" Q_g (nicht ganz 9,9 cbm/Sek. als Murgwerkzufluß, 7,9 cbm/Sek. als Abfluß bei Kirschbaumwasen).

Für die bisher ausschließlich behandelte erste Ausbaustufe des Murgwerkes, deren winterlicher Werktaghöchstbedarf $Q_m = 7{,}25$ cbm/Sek. ist, ergibt sich daraus nachträglich die Bestätigung, daß Ausgleich in voller Höhe des Durchschnittwerktagbedarfs nötig ist (weil dieses $Q_m < Q_g$).

c₂) Ausgleich des Sonntagüberwassers.

Wir wollen annehmen, das Sammelbecken biete für Aufspeicherung von Sonntagüberwasser einen gewissen Überschußraum über Werktagbeckenbedarf J_{voll} hinaus. (Das Sammelbecken des Murgwerks z. B. ist aus besonderen Gründen auf 320 000 cbm Nutzraum, gegenüber J_{voll} 148 000 cbm ausgebaut). Dann ist klar, daß auch das Ausgleichbecken denselben Raumüberschuß besitzen müßte, wenn der Ausgleichbetrieb in der bisher behandelten Form „Ablaß = Zufluß" (im Beharrungszustand) durchgeführt werden sollte. Denn bei dieser Betriebsform muß jedes oben im Sammelbecken aufgespeicherte Sekundenkubikmeter durch gleichzeitige Abgabe aus dem Bestand des Ausgleichbeckens unten ersetzt werden. Kann z. B. oben Sonntags 1 cbm/Sek. = 86 400 cbm in 24 Stunden über Werktagbeckenbedarf hinaus zurückgehalten werden, so muß das Ausgleichbecken unten außer dem Werktagbeckenbedarf auch weitere 86 400 cbm enthalten, die in den 24 Sonntagsstunden restlos zur Speisung des Unterlaufs aufgebraucht würden. Im Laufe der Woche würde unten dieser Sonntagsbeckenraum wieder schrittweise aufgefüllt werden. Es würde nämlich aus dem Sammelbecken etwa am Montag das erste Sechstel von 86 400 cbm, am Dienstag das zweite usf. zur Verstärkung der Werkspeisung abgemahlen, unten aber im Ausgleichbecken zurückgehalten, indem die Ablaßschützen des Ausgleichbeckens nur den (gegenüber dem Werkwasserverbrauch um $1/6$ cbm/Sek. kleineren) Naturzufluß abgäben.

Bei dieser Betriebsform, die als „vollkommener (Wochen-) Ausgleich des Sonntagwassers" bezeichnet werden soll, spüren die Unterlieger überhaupt nichts von der zeitweiligen Aufspeicherung von Sonntagüberwasser am Kraftwerk. Soweit sie daher an Sonn- und Feiertagen den Betrieb abstellen, läuft ihnen dabei nach wie vor das Sonntagwasser ungenutzt über das Wehr. Die Nutzung von Sonntagüberwasser spielt sich vollständig innerhalb der Anlagen des großen Kraftwerkes ab, die Unterlieger haben keinen Teil daran.

Anders wäre die Sache, wenn die sonntägliche Ausgleichabgabe des unteren Beckens eingeschränkt oder mit andern Worten ein Teil der in dem Sammelbecken stattfindenden Zurückhaltung nicht unverzüglich unten voll ausgeglichen oder „ersetzt“ würde: Dann könnte gerade diese Teilwassermasse die folgende Woche über ohne längeren Aufenthalt im Ausgleichbecken, als zum Tagesausgleich nötig, nach der werktäglichen Verarbeitung im Kraftwerk in den Unterlauf geschickt werden. Damit käme diese Teilwassermasse, das „unersetzte“ Sonntagspeicherwasser (Q_{SSU}), den Unterliegern (nach Maßgabe ihrer werktäglichen Betriebsstundenzahl) voll zugute. Die Unterlieger könnten daher unter Umständen einen Vorteil davon haben, daß nicht der siebentägige „Vollausgleich“ sondern „unvollkommener“ (sechstägiger) Ausgleich stattfindet. Voraussetzung ist natürlich, daß das Sammelbecken aus irgendwelchen anderen Gründen ohnedies größer angelegt werden muß als Werktagbeckenbedarf.

Es empfiehlt sich daher in solchem Falle, zu untersuchen, bis zu welchem Umfang bei bestimmtem (oder angenommenem) Ausbau von Sammel- und Ausgleichbecken das Sonntagüberwasser auch über die voll ausgleichbare Menge hinaus im Sammelbecken zurückgehalten werden kann, ohne daß Schädigungen der Unterlieger eintreten, die den an sich in Aussicht stehenden Vorteil wieder beeinträchtigen könnten.

Die Frage soll wieder am Beispiel des Murgwerks erläutert werden (obwohl, vorweg bemerkt, die praktische Prüfung hier zu einer Ablehnung führen mußte).

Für die Beurteilung ist neben dem Wasserbedarf und dem Betriebsplan des einzelnen Unterliegers wesentlich noch seine Entfernung vom Ausgleichbecken maßgebend, und zwar in zweierlei Hinsicht: Einmal nimmt mit der Entfernung vom Ausgleichwehr auch der Anteil des Wasserbezugs aus unberührtem Einzugsgebiet zu (Abb. 4 Bl. 26), und zweitens verschiebt sich die beim Kraftwerk Forbach im Abfluß erzeugte Unterbrechung zeitlich um so mehr, je größer die Entfernung und damit die Fließzeit des betreffenden Unterliegers ist. Zur Beurteilung dieser Verhältnisse dient Abb. 5 Bl. 26. Hier sind die Betriebspläne der wichtigsten Triebwerke unterhalb Forbachs und außerdem — nach Art eines zeichnerischen Fahrplans — die Fließzeiten eingetragen. Die Angaben über die Fließzeiten beruhen auf angestellten Färbeversuchen mit Zeitmessungen. Dabei ist nach Ausweis der, hier nicht wiedergegebenen, reinen Meßergebnisse zwischen dem Fließzustand von Werktag und Sonntag ein wesentlicher Unterschied. Am Sonntag nämlich, wo das Wasser zum Teil über die Wehre und auf längere Strecken im felsigen Murgbett läuft, ist an sich die Fließgeschwindigkeit bei gleichen Wassermengen erheblich kleiner, als am Werktag, wo in der Strecke oberhalb Gernsbach die zahlreichen langen Werkkanäle den Abfluß stark beschleunigen. Dieses für die Möglichkeit der Ausnutzung von Sonntagwasser ungünstige Verhältnis ließe sich dadurch verbessern, daß an den hintereinander liegenden Werken Wolfsheck, Breitwies und Schlechtau die Leerlaufschleusen der Wasserschlösser nach dem jeweiligen Wasserstande so eingestellt würden, daß durch Leerlauf und Überaich zusammen bis zu 8 cbm/Sek. auch Sonntags von den Kanälen her durchfließen könnten. Es würde daher eine dahin zielende Vereinbarung mit diesen Werken (die zufällig in einer Hand liegen) zu treffen sein.

Im folgenden wird daher mit einer gemittelten Fließzeitlinie gearbeitet, in der auch die Stauverzögerung, die Sonntags immerhin noch in den Kanälen eintritt, mitberücksichtigt ist. Diese Linie ist für den Beobachtungswasserstand (rd. $Q_1 = 7$ cbm/Sek.) und auf Grund von näherungsweisen Vergleichsrechnungen für zwei kleinere Wasserstände ($Q_1 = 5$ und 3,5 cbm/Sek.) entwickelt. Für eine beliebig angenommene Wasserführung, z. B. 5 cbm/Sek. als Murgwerkzufluß, lassen sich dann die zulässigen Grenzen der Dauer beschränkter Ausgleichabgabe folgendermaßen abschätzen: Zunächst ist mit Rücksicht auf die Werke am Oberndorfer Kanal in Kuppenheim, deren (durch Teilung des Kanals bedingter) Gesamtverbrauch höchstens 8,4 cbm/Sek. beträgt, festzustellen, daß sie aus der durchschnittlichen Sonntagsverarbeitung des Murgwerkes (3 cbm/Sek.) zuzüglich ihrer „unberührten“ Zuflüsse (bei 5 cbm/Sek. im Murgwerk: 2,4 cbm/Sek.) im ganzen einen „ungestörten Mindestzufluß“ von 5,4 cbm/Sek. erhalten werden. Da in Abb. 4 Bl. 26 die Auftragungsgrundlinie RR in Höhe des mittleren Sonntagbedarfs gelegt ist, kann die Zahl 5,4 unmittelbar abgegriffen werden!)

Der angenommenen Wasserführung entspricht ein durchschnittlicher Gesamtzufluß in Kuppenheim von 7,4 (= 5,0 + 2,4) cbm/Sek. Bei voller Zurückhaltung des überschüssigen Sonntagwassers (2 cbm/Sek.) würden die Werke also eine Betriebseinschränkung entsprechend 7,4 auf 5,4 cbm/Sek. erleiden — sofern die Störung in die Arbeitszeit fiele, was erst noch zu untersuchen ist.

Die hintereinander liegenden Werke II und III haben Pause von Sonntag früh bis Sonntagabend, das Kalkwerk (Werk I) ruht am Sonntag von 5 Uhr früh bis abends 9 Uhr (Abb. 5 Bl. 26). Nun könnten sich aber diese Werke im Hinblick auf die sonstigen Vorteile einer Austeilung des Sonntagwassers auf die Woche zweifellos damit abfinden, daß ihnen das volle Wasser erst am Montag früh 7 Uhr wieder gebracht wird.

Bei 5 cbm/Sek. Wasserführung des Murgwerks beträgt die Fließzeit bis Kuppenheim 19 Stunden. Damit also das volle Wasser (7,4 cbm/Sek.) Montag früh um 7 Uhr wieder eben in Kuppenheim anlange, müßte am Ausgleichbecken bei Forbach die volle Abgabe 19 Stunden vor 7 Uhr, das ist am Sonntagmittag um 12 Uhr wieder hergestellt werden.

Die Gaggenauer Eisenwerke (Höchstbedarf 12 cbm/Sek.), die Sonntags mit verminderter Kraft arbeiten, würden, da die Fließzeit bis zu ihrem Werk $14^1/_4$ Stunden beträgt, das volle Wasser dann bereits um 2^{15} Uhr in der Nacht vom Sonntag auf Montag erhalten. Die vorher entstehende mäßige Einschränkung des Zuflusses würde von ihnen wohl hingenommen werden, da sie die betreffende Wassermasse, wie mehrfach erwähnt, hernach über die Woche verteilt doch wieder bekämen. Die Werke arbeiten von Sonntag früh um 6 Uhr bis abends 6 Uhr mit etwa zwei Drittel des mittleren Werktagwasserverbrauchs und haben bei 5 cbm/Sek. Zufluß des Murgwerks einen unberührten Zufluß von 2,2 cbm/Sek.; sie erhielten also in der Einschränkungspause immer noch 5,2 cbm/Sek. ungestörten Mindestzufluß, statt 7,2 cbm Naturzufluß.

Um weiter festzustellen, zu welchem frühesten Zeitpunkt Sonntags die Einschränkung der Ausgleichabgabe ein-

setzen darf, muß man auf den Bedarf der zunächst am Ausgleichbecken liegenden Werke eingehen.

Die Firma Dr. Dorn in Forbach mit 10 cbm/Sek. Höchstbedarf wird kleine Zeitverschiebungen (es handelt sich um nicht mehr als $^1/_2$ bis 1 Stunde) gut ertragen können, weil sie als unmittelbarer Unterlieger des Ausgleichbeckens den vollen Vorteil von der sechstägigen Wochenausteilung des gespeicherten Sonntagüberwassers haben wird. Auch die anschließenden Werke könnten unter Umständen mit einer Einschränkung wenige Stunden vor Sonntag früh 6 Uhr einverstanden sein, doch soll von dieser Möglichkeit vorerst abgesehen werden. Mit Rücksicht auf das Werk Wolfsheck, das Sonntags früh um 6 Uhr schließt und nach dessen Wasserfassung die Fließzeit $^1/_2$ Stunde beträgt, könnte dann die Einschränkung der Ausgleichabgabe bei Forbach erst Sonntag früh um 5 Uhr 30 angesetzt werden. — Damit ist jetzt Anfang und Ende der Zeitspanne festgelegt, innerhalb deren am Sonntag das Überwasser über 3 cbm/Sek. ohne gleichzeitige Ausgleichabgabe zurückgehalten werden darf. Nach dieser Feststellung vollzieht sich die Verfolgung des Verlaufs der Beckenfüllung und -entleerung am übersichtlichsten auf zeichnerischem Wege an der Hand der Zeitsummenlinie. Man verzeichnet zunächst die Bedarfssummenlinie (in Abb. 3 Bl. 27 mit „Bedarf" bezeichnet und in vergrößertem Maßstab aus Abb. 1 Bl. 24 entnommen; bei größeren Ansprüchen an Genauigkeit erfolgt Auftragung in schiefen Koordinaten, vgl. „Die Wasserkräfte" S. 67). Um diese Kurve unverändert bei den verschiedensten Annahmen des Zuflusses (Q_1) beibehalten zu können, bedient man sich des Kunstgriffes: bei Darstellung der Zuflußlinie die jeweilig mitarbeitende Aushilfsleistung als „Zufluß" mitzurechnen. Dann ist z. B. für einen Zuflußzustand von 5 cbm/Sek. ($= Q_1$), wobei nach früherem Aushilfe in Leistungshöhe von 2,3 cbm/Sek. (bei Grundkraftbetrieb) mitarbeitet, die werktägliche „Gesamtleistung" durch eine mit Neigung „7,3 cbm/Sek." steigende Gerade dargestellt. (Wenn dabei in der Lastlinie, Abb. 3 Bl. 27 oben, sich zeigt, daß ein nennenswerter Teil der Aushilfsarbeit in den unständigen Teil der Lastlinie fällt, z. B. Samstag früh von 12^{00} bis 5^{30}, so wäre durch eine naheliegende einfache Berichtigung das „Tal" im Aushilfskraftteil der Lastlinie in der Summenlinie zu berücksichtigen. Im Falle der Abb. 3 Bl. 27, $Q_1 = 5$ cbm/Sek., tritt diese Notwendigkeit gerade noch nicht ein.) Die Werktagleistung (7,3 cbm/Sek.) würde theoretisch bis Samstag Nacht 12^{00} Uhr anhalten: gestrichelte Summengerade bis Punkt b_4. Von da an würde wegen Ausschaltung der Aushilfskraft mit Steigung 5 cbm/Sek. die Summenlinie des reinen Naturzuflusses ansetzen und bis Sonntag Nacht 12^{00} Uhr (Punkt e_4) durchlaufen. Tatsächlich kann man aber nach früherem die Aushilfskraft von Samstag N. 8^{40} bis Montag V. 6 Uhr ausschalten (ersparte Aushilfsarbeit (vgl. Abb. 1 Bl. 26). Dementsprechend läuft die richtige Zuflußsummenlinie von a über b_3 nach g_3.

In einem gleichbleibenden, durch die Größe des Ausgleichbeckens gegebenen Abstande würde unter der Zuflußlinie die Ablaßlinie $a_1\,b_1\,g_2$ verlaufen, wenn „vollkommener" Ausgleich statthätte. Dabei wäre das Ausgleichbecken (nach Annahme 164000 cbm Nutzraum haltend) schon im Punkte d', d. h. etwa um 2^{40} N., erschöpft, so daß weiterhin kein Sonntagüberwasser im Sammelbecken mehr zurückgehalten werden dürfte. — Läßt man aber gemäß der vorausgeschickten Erörterung der Fließzeitverhältnisse am Sonntag von 5^{30} V. bis 12 Uhr mittags aus dem Ausgleichbecken statt 5 nur 3 cbm/Sek. ab, so läuft die Ablaßlinie gebrochen über $c_1\,d_1$ nach g_1 und das Ausgleichbecken ist erst 12 Stunden später, bei Punkt f, erschöpft. Infolgedessen können, wie der zeichnerische Ausweis des Beckenhaushalts, unten rechts in Abb. 3 Bl. 27, zeigt, 47000 cbm Sonntagüberwasser mehr im Sammelbecken zurückgehalten werden, und der Verlust durch erzwungenes Freiwassergeben ermäßigt sich von 79000 auf 32000 cbm.

Rechnerischer Ausweis:

		cbm	cbm/Sek.
Sonntagüberwasser . $(5{,}0 - 3{,}0) \cdot 86400$	=	172800	= 2,000
Vollkommen ausgeglichenes Sonntagüberwasser	Q_{SSA} =	20500	= 0,237
Unersetzte Sonntagspeicherung . .	Q_{SSU} =	47000	= 0,543
Ersparte Aushilfsarbeit	D_E =	73000	= 0,845
Verlust	V =	32000	= 0,370
	Summe	172500	= 1,995

Die erwähnten 47000 cbm unersetzten Sonntagspeicherwassers geben einen, nun auch für die Unterlieger nutzbaren, Werktagzuschuß von durchschnittlich $\frac{47000}{6 \cdot 86400} = 0{,}091$ cbm/Sek. Dazu kommen für das Murgwerk allein noch 20500 cbm „vollkommenausgeglichenen" und $26000 + 47000 = 73000$ cbm durch „Aushilfsersparnis" nutzbar gemachten Sonntagüberwassers.

In der angegebenen Weise wurde noch für verschiedene andere Wasserführungszustände (als die untersuchten 5 cbm/Sek.) die Möglichkeit einer Einschränkung der Ausgleichabgabe untersucht. Die dabei ermittelten Beträge des vollkommen ausgeglichenen (Q_{SSA}), des durch Aushilfsersparnis ausgenutzten (D_E) und des unersetzten Sonntagwassers (Q_{SSU}) wurden dann in den Leistungsplan nach Art von Abb. 2 u. 4 Bl. 26 übertragen (siehe Abb. 1 u. 2 Bl. 27). (In gleicher Weise könnten im Bedarfsfalle auch für die betroffenen Unterlieger [Kuppenheim usw.] die Betriebsstunden mit eingeschränktem Zufluß, die Größe der Betriebseinschränkung u. a. m. durch Eintrag in den Leistungsplan sehr übersichtlich dargestellt werden.)

Durch Ausmessen und Zusammenzählen der einheitlich schraffierten Flächen erhält man nach Vervielfachung mit $^1/_7$ (nicht: $^1/_6$) die Gesamtmasse des jährlich durch vollkommenen Ausgleich (kreuzschraffiert), Aushilfsersparnis (senkrecht schraffiert), unersetzte Zurückhaltung (wagerecht schraffiert) für das Murgwerk nutzbar zu machenden Sonntagüberwassers bei dem angenommenen Beckenausbau (Sammelbecken 320000, Ausgleichbecken 164000 cbm Nutzraum). Davon kommt nach obigem auch den Unterliegern als Werktagzuschuß zugute nur die wagerecht schraffierte Wasserfläche, siehe Liste 5.

Weiter führt die Darstellung aber noch zur Einsicht, daß es möglich ist, den Unterliegern noch jenseits der durch die Aufnahmefähigkeit des Murgwerkes gezogenen Grenze HE_1 beträchtliche Werktagzuschüsse zukommen zu lassen, wenn der durch den Spitzenbetrieb (Werktagbeckenbedarf J) nicht beanspruchte Teil des Sammelbeckenraumes $J_A - J$ zur sonntäglichen Ansammlung „unersetzten" Überwassers benutzt und dieses während der folgenden Woche abgelassen wird.

Der Umfang der durch diese Betriebsweise für die verschiedenen Unterlieger nutzbar zu machenden Zuschußmassen ergibt sich durch einfache Konstruktion im Leistungs-

Liste 5. Ermittlung des nutzbaren Sonntagüberwassers bei Ausbau des Sammelbeckens auf 320000 cbm, des Ausgleichbeckens auf 164000 cbm Nutzraum (aus Abb. 1 u. 2 Bl. 27).

	Für das Murgwerk				Für die Unterlieger	
	Voll-ausgleich (Q_{SSA})	Aushilfs-ersatz (D_E)	Unersetzte Zurück-haltung (Q_{SSU})	Im ganzen	Unersetzte Zurück-haltung	
					Clemm	Gaggenau
Winter cbm	62 000	270 000	210 000	542000	740000	470000
Sommer cbm	464 000	365 000	188 000	1017000	5468000	4348000
Jahr cbm	526 000	635 000	398 000	1559000	6208000	4818000
Jahr cbm/Sek. 6tägig	0,019	0,024	0,015	0,058	0,230	0,178

plan (Abb. 1 u. 2 Bl. 27). Man berechnet dazu für einige oberhalb des Werktagbedarfs (Q_m) des Murgwerks liegende Wasserführungen Q_1 aus $= (J_A - J) : 86400$ die am Sonntag aufspeicherbare sekundliche Wassermenge Q_{SSU} (z. B. für Winter, $Q_1 = 9$ cbm/Sek., wo $J = 75000$ cbm : (320000 — 75000) : 86400 = 2,9 cbm/Sek.). Diesen Wert trägt man auf, am einfachsten über der linkshin wagerecht laufenden (punktierten) Begrenzung der kreuzschraffierten Fläche des vollkommen ausgleichbaren Sonntagüberwassers. Die Grenzlinie (z. B. $C_1' C_1$), jenseit deren das Zuschußwasser vom betreffenden Unterlieger nicht mehr ausgenutzt werden kann, erhält man wie folgt: Nach Übertragung der einzelnen Unterliegerzuflußlinien aus dem Schaubild in den Leistungsplan (dünn ausgezogene Q_{1u}-Linien) trägt man $^1/_7$ der darunter abgegriffenen Höhen Q_{SSU} über diesen Linien an und erhält dadurch die (gestrichelten) Linien des „durch unersetzte Sonntagsspeicherung verstärkten Unterliegerzuflusses".

Die Grenzpunkte (z. B. C_1' und C_1) werden durch Herunterloten der von den Q_{1u}-Linien auf der Ausbaulinie (Q_{mu}) des betreffenden Unterliegers angeschnittenen Punkte (C' bzw. C) erhalten.

Die durch Ausmessen der Flächen und Vervielfachung mit $^1/_7$ erhaltenen Werte der jährlichen Zuschußwassermassen können übersichtlich in einer Liste (5) zusammengestellt werden. Trägt man in diese Liste außerdem noch die Nutzgefälle der einzelnen Werke ein, so kann man unter Berücksichtigung der täglichen Arbeitszeit auch die dem einzelnen Unterlieger zugute kommende Zuschußarbeit und den Gesamtnutzen der Sonntagwassernutzung berechnen.

Die Zahlen der Liste 5 zeigen, daß sich durch die „unersetzte" Zurückhaltung von Sonntagüberwasser für hochausgebaute Unterlieger ein immerhin ansehnlicher Zuschuß zum Werktagnutzwasser flüssig machen läßt (für das zu unterst gelegene der großen Werke: rd. 180 l/Sek. im Jahresdurchschnitt).

Für das Murgwerk selbst ist die durch unersetzte Zurückhaltung erzielbare Steigerung der Wasserausnutzung nur geringfügig. Das Kraftwerk hat daher an sich nur ein geringes Interesse an der Durchführung dieser immerhin eine erhöhte Aufmerksamkeit und Tätigkeit der Bedienung erfordernden Betriebsweise (zumal, wie später zu zeigen sein wird, nach Durchführung des zweiten Ausbaues das überschüssige Sonntagwasser bedeutend weniger werden wird).

Gleichzeitig, dies läßt sich nicht verkennen, würde die Durchführung der „unersetzten Zurückhaltung" mit ihren hier notwendigen Vorbedingungen: Benutzung der Werkkanäle zur sonntäglichen Wasserbeförderung, teilweise Einschränkung des Betriebs für die entfernteren Unterlieger während der ersten Stunden der Werkwoche, doch gewisse Erschwernisse oder Unannehmlichkeiten für die Betriebe mit sich bringen. Daß die Unterlieger einem neuen Vorschlag, dessen Wirkungen sie noch nicht praktisch empfunden haben, unter solchen Umständen zunächst nur zurückhaltend begegneten, ist nur natürlich. Bei der wasserrechtlichen Genehmigungsverhandlung des Murgwerkes wurde die Entscheidung der Frage daher der weiteren Zukunft überlassen. Allgemein darf man trotzdem schließen, daß die Frage der unersetzten Zurückhaltung von Sonntagwasser im Einzelfalle der Prüfung wert ist. Wo die Vorbedingungen: Fließzeit, Werkausbau, Betriebsbeginn am Montag, günstig sind, wird die Betriebsweise mit Vorteil durchführbar sein.

5. Ausnutzung von Schwellwasser, Gestaltung des Beckenbetriebs in der Wirklichkeit.

Die wirkliche Wasserführung ist in der Regel nur während einer beschränkten Zahl von Wochen annähernd so stufenweise beharrlich, wie es bisher zur Gewinnung übersichtlicher Beziehungen angenommen wurde. Im übrigen verändert sich der Wasserstand bekanntermaßen fast andauernd, bald stetig, bald mehr sprungweise. Diese Tatsache macht zwar, wie erwähnt, die beschriebene Ermittlung von Beckenbedarf und Wassernutzung keineswegs unbrauchbar, beeinträchtigt nur die Genauigkeit etwas. Außerdem birgt sie aber in sich eine weitere Ausnutzungsmöglichkeit des vorhandenen Sammelbeckenraums (J_A): zur Aufhaltung der kurzdauernden kleineren Anschwellungen, die durch Wetterstürze veranlaßt werden und gerade die wasserarme Sommerzeit häufig angenehm unterbrechen. Schon ein nur wenig über reinen Werktagbeckenbedarf ausgebautes Sammelbecken kann solches „Schwellwasser" vorteilhaft in die jeweils nachfolgende Trockenzeit hinein übertragen. Dabei ist die Ausnutzung des Beckenraumes, die sich in der Zahl der jährlich erreichbaren Füllungen, bzw. Entleerungen, ausdrückt, bei den im Verhältnis zum gesamten Jahresabfluß in der Regel sehr kleinen Sammelbeckenräumen bemerkenswert hoch (verglichen mit Jahresspeicherbecken).

Zur Ermittlung der im Durchschnitt jährlich erreichbaren Entleerungen geht man am besten von einer fortlaufenden Darstellung der mittleren täglichen Zuflußmengen (Q_1) gemäß Abb. 5 Bl. 27 aus. Denn die allerdings noch genauere Ergebnisse liefernde Zeitsummenlinie beansprucht zu ihrer Auftragung in dem hier erforderlichen großen Maßstab unverhältnismäßig viel Mühe. Man kommt in folgender Weise mit möglichst wenig Zeitaufwand zu einem durchaus genügend sicheren Ergebnis: Man trägt für die (auch früher angenommenen) Betriebsjahreszeiten die Wagerechten „Q_m" des werktäglichen Durchschnittswasserbedarfs (in cbm/Sek.) ein (Abb. 4 Bl. 27 und Lastlinienbild 7 u. 8 Bl. 24). Dann entnimmt man aus dem Schaubild (Abb. 2 u. 4 Bl. 26) die Werte des Werktagbeckenbedarfs (J) und trägt sie nach Teilung durch 86400 (zur Verwandlung auf den cbm/Sek.-Maßstab) in Abb. 4 u. 5 Bl. 27 als Abhängige des Werkzuflusses (Q_1) wagerecht auf.

Betrachtet man jetzt eine Folge von Tagen nach Ablauf einer Schwellflut (Fall 1 in Abb. 4 Bl. 27), so kann man rasch durch Abgreifen und Aneinanderreihen der rechts des Punktes R Tag für Tag anfallenden Wassermangelhöhen $M_1, M_2, M_3 \ldots$ oder der links von R stehenden Überschußhöhen $\ddot{U}_1, \ddot{U}_2 \ldots$ die Gesamtgröße der erreichbaren Schwellwasserspeicherung S_S feststellen.

Ob $M = M_1 + M_2 + M_3 \ldots$ oder $\ddot{U} = \ddot{U}_1 + \ddot{U}_2 + \ldots$ maßgebend ist, kann man meist durch Augenmaß ohne vorherigen Zirkelabgriff erkennen. Außerdem darf natürlich der Wert M oder $\ddot{U}$ nicht größer sein als der bei vollem Normalwasser (Q_m) vom Werktagbeckenbetrieb unbenutzt bleibende „Raumüberschuß" ($J_A - J$) des Sammelbeckens.

Der Wert $J_A - J$ wird nach Eintrag der Wagerechten J_A in der Hilfslinie J (rechts in Abb. 4 Bl. 27) unmittelbar abgegriffen. (Für das Murgwerk ist $J_A = 320\,000$ cbm $= 3{,}70$ cbm/Sek. $\times$ 1 Tag.)

Sonntage, die in oder unmittelbar an solche Schwellwasserzeiten fallen, schränken den für das Schwellwasser verfügbaren Speicherraum ein; um wieviel, ergibt sich aus der Hilfslinie („$J + J_S'$"). Z. B. ist bei Anschluß der Entleerungszeit an einen Sonntag (Fall 3 der Abb. 4 Bl. 27) deshalb nicht $\ddot{U}$, M oder $J_A - J$ die nutzbare Schwellwassermasse, sondern die stark gezogene mit 3 bezeichnete Strecke $J_A - (J + J_S')$.

Bei Unterbrechung einer Entleerungszeit durch einen Sonntag (Fall 4, Abb. 4 Bl. 27) kann das aufgespeicherte Schwellwasser nur im Umfang der vor dem Sonntag liegenden (in Abb. 4 Bl. 27 schraffierten) Mangelwassermasse ungestört ausgenutzt werden. Darüber hinaus kann das Schwellwasser nur mit dem Betrage $J_A - (J + J_S')$ ausgenutzt werden, weil die dem Sonntagbeckenbedarf J_S' entsprechende, an sich auch noch speicherbare Schwellwassermasse bereits früher bei Ermittlung des speicherbaren Sonntagüberwassers (Abb. 1 u. 2 Bl. 27) in Rechnung gestellt wurde.

Diese Ermittlungsweise setzt stillschweigend voraus, daß die Dauerlinie Q_1, die man aus der Wassermengenlinie (Abb. 5 Bl. 27) ableiten könnte, mit der im langjährigen Durchschnitt berechneten Dauerlinie der Abb. 1 u. 2 Bl. 27) übereinstimmt. Dies wird tatsächlich nur annähernd, aber doch hinreichend genau der Fall sein. Um der Wirklichkeit noch etwas näher zu kommen, kann man auch statt der einen Wassermengenlinie eines mittleren Jahres (Abb. 5 Bl. 27) noch diejenige eines wasserarmen und eines wasserreichen Jahres dem eben gezeigten Ermittlungsverfahren zugrunde legen und die Ergebnisse mitteln. Hier wurde nur mit dem „mittleren Jahr" gearbeitet. Die Werte des speicherbaren Schwellwassers (S_S) sind auf der in Abb. 5 Bl. 27 mitverzeichneten Maßlinie unmittelbar vom Abgreifen weg mit dem Zirkel aneinandergereiht. Die Ausmessung weist dann im ganzen $16{,}1 \cdot 86\,400 = 1\,400\,000$ cbm nutzbares Schwellwasser nach, das sind also für den vom Sommerwerktagbetrieb freigelassenen Beckenraum von $320\,000 - 98\,000 = \backsim 220\,000$ cbm : $\frac{1400}{220} = 6{,}3$ Füllungen. Rechnet man das in Liste 5 verzeichnete nutzbare Sonntagüberwasser mit rd. 1560000 cbm hinzu, so kommt man auf 13,4 Füllungen. (Nur Überschlagswert, weil im Winter der freie Beckenraum kleiner als 220000 cbm ist!)

Tatsächliche Betriebsgestaltung.

Um die richtige Nutzanwendung von den vorausgeschickten Untersuchungen zu ziehen, muß man sich vor allem vergegenwärtigen, daß im praktischen Betrieb der Werkzufluß stets nur annähernd voraus geschätzt werden kann (auf Grund welcher Maßnahmen und Beobachtungen, wurde bereits angedeutet), und daß tatsächlich das Nutzgefälle nicht unveränderlich, sondern von der Füllung des Sammelbeckens (unter Umständen, wie beim Murgwerk, auch von der des Ausgleichbeckens) abhängig ist. Daraus ergibt sich: Vorsicht in der Einschätzung des täglichen Aushilfsbedarfs; Aushilfe nicht anfangs zu nieder einsetzen, um nicht bei Eintritt der Höchstbelastung zum vorzeitigen Rückgriff auf den eisernen Bestand des Sammelbeckens gezwungen zu sein. Zwecks möglichst vollkommener Ausnutzung von Sonntagüberwasser das Becken gegen Samstag abend möglichst abarbeiten, auf die Gefahr hin, die Aushilfskraft teilweise noch im Laufe des Sonntags arbeiten lassen zu müssen. Der Ausnutzung des Schwellwassers wäre an sich am besten durch weitgehende Freihaltung des bei Mangel- und Normalwasser „überflüssigen" Sammelbeckenraumes gedient. Dem steht geradewegs entgegen die Forderung: durch möglichste Hochhaltung des Sammelbeckenspiegels das mittlere Nutzgefälle zu verbessern.

Theoretisch günstigste Betriebsweise wäre daher: Beckenspiegel in Mangelzeiten ständig hoch zu halten, so daß vor Einsetzen der täglichen Morgenspitze gerade das Stauziel erreicht wird. Erst kurz vor Feier- und Sonntagen dann möglichst zeitlich gedrängtes Abmahlen des ganzen Beckeninhaltes.

Grundsätzlich gleiches Verhalten gegenüber Schwellfluten, indem das voraussichtliche Ende einer Mangelzeit an Hand der Wetterberichte und -voraussagen mit gefülltem Becken abgewartet und erst kurz vorher (aber auch nicht zu spät!) mit beschleunigtem Abmahlen unter teilweiser Ausschaltung der Aushilfskraft begonnen wird.[5]) Dieser Gesichtspunkt ist auch wesentlich für die früher angeschnittene Frage, welche der gleichzeitig bestehenden Nutzungsmöglichkeiten des Sonntagüberwassers durch Ausgleich oder Aushilfsersparnis (Abb. 2 u. 4 Bl. 26 und Abb. 1 u. 2 Bl. 27) den Vorzug verdient!

Rücksicht auf Unterlieger, denen dabei das gespeicherte Sonntag- und Schwellwasser vielleicht gerade in der sonntäglichen Betriebspause vorbeilaufen würde, kann das Verfahren beeinflussen.

Das Ausgleichbecken ist, wenn es Unterwasser der Turbinen des Kraftwerks bildet, zur Verbesserung des Wirkungsgrades möglichst leer zu halten. Diese Rücksicht entfällt u. U., kann sich sogar ins Gegenteil verkehren, wo „Ausgleichturbinen" in das Staugefälle des Ausgleichwehres eingebaut sind (wie z. B. beim Murgwerk).

5) Rechnerische Untersuchung über Einfluß auf Wirkungsgrad mit bildlicher Darstellung in den „Wasserkräften" des Verf., S. 556.

(Schluß folgt.)

Buchdruckerei des Waisenhauses in Halle a. d. S.